



Yoloistak, un diagnóstico a distancia.

Clave del proyecto: CIN2018A10022

Colegio México Bachillerato

Autores:

Julián Grandvallet Contreras

Pablo Pascasio Ramírez

Daniela Patiño Vélez

Brian Isaac Rivera Pérez

Asesores:

Diana Zárate Santos

Edgar Ramón González

Área de conocimiento: Ciencia Biológicas y de la Salud.

Disciplina: Ciencias de la Salud Medicina.

Tipo de Investigación: Desarrollo tecnológico

Orizaba, Veracruz a 16 de Febrero de 2018

ÍNDICE



Resumen-----	3
Abstract-----	4
Resumen ejecutivo-----	4
Introducción -----	7
Fundamentación teórica-----	8
Metodología-----	18
Resultados-----	20
Conclusiones -----	21
Aparato crítico-----	23
Anexos-----	24

Resumen



UNAM – Sistema Incorporado – 6746

Yoloistak es un proyecto que plantea dar diagnósticos a distancia por medio de una aplicación para smartphones del sistema operativo Android, haciendo uso de la doble campana de un estetoscopio modificado que, contiene en su interior un micrófono con conexión TRRS para poder registrar las auscultaciones cardiacas del paciente directamente en el móvil. Con el dispositivo que servirá de instrumental médico, aunado al uso de la aplicación, se busca fomentar la telemedicina como parte de un plan de respuesta ante las problemáticas actuales que el sector salud está presentando en México al no poder brindar los servicios médicos a todos los sectores de la población, ya sea por razones económicas o geográficas, lo cual deriva en un aumento en las tasas de morbilidad y mortalidad como consecuencia de la ausencia de diagnósticos oportunos. Para cumplir con lo mencionado, el proyecto se especializa en dar diagnósticos de cardiopatías mediante la detección de soplos cardiacos al momento de registrarse en la app, la auscultación efectuada con el estetoscopio de doble campana modificado y para ello, la aplicación compara un modelo base de un ciclo cardiaco regular con los datos obtenidos de la auscultación cardiaca registrada y mediante el espectro de sonido que dejan los latidos, la app identifica las cardiopatías, así como posteriormente dicho gráfico, grabación y datos serán de utilidad para un médico especialista o cardiólogo al estar evaluando al paciente que sea detectado con alguna patología cardiaca. Con esto se reportaría como principal beneficio la optimización de la atención médica.

Palabras clave: Cardiopatía, telemedicina, diagnóstico, estetoscopio, sístole, aplicación, beneficio.

Abstract



UNAM – Sistema Incorporado – 6746

Yoloistak is a project that offers a quick diagnosis from an Android smart phone application. This project uses a stethoscope's bell modified to contain a TRRS connected microphone that registers the cardiac auscultation directly from the patient to the cell phone. We intend to promote the practice of telemedicine as part of a reaction plan due to recent problems with Mexico's health care. Using our device will help bring health services to every sector of the population, especially to those who have geographic or economic problems. These problems derive due to an increase in morbidity and mortality because of the absence of opportune diagnosis. To fulfil the mentioned goals, this process specializes in diagnosing cardiopathies by means of detecting heart murmurs. This is detected in the app through the use of an auscultation done by the double-bell modified stethoscope. The app compares a base model of a healthy cardiac cycle's sound spectre registered with the aid of the stethoscope, and then identifies cardiopathies while the graphic of the recorded sound, the recording itself and the patient's data is sent to a specialized medic or cardiologist for further evaluation if an anomaly is detected. This way, optimization of medical attention would be reported as the most notorious benefit.

Key words: Cardiopathy, telemedicine, diagnosis, stethoscope, systole, application, benefit.

Resumen ejecutivo

En México, más de 42 mil personas fallecieron en 2011 a causa de fallas cardíacas (De acuerdo con datos de la INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía] siendo en la mayoría de los casos, consecuencia de la ausencia de diagnósticos oportunos que permitieran la detección de cardiopatías en etapas tempranas o previas al desarrollo de la patología. Dichos casos se presentan día con día y surgen a raíz de los obstáculos que se presentan en la distribución de los servicios médicos, como lo representan los escasos servicios de salud en zonas rurales, los cuales, además de no ser suficientes para toda la población, suelen estar ubicados en lugares donde algunos pacientes deben trasladarse grandes distancias para tener acceso a estos y, dado que al ser



UNAM – Sistema Incorporado – 6746

mayor el número de pacientes que el de profesionales médicos en las instalaciones, se va limitando el acceso a estos servicios, lo que va mermando la calidad de la asistencia médica. Esto refleja los fallos en la infraestructura de los servicios públicos de la salud, que derivan en un atenuado porcentaje de disponibilidad de estos para la población mexicana.

El presente trabajo tiene un enfoque en la telemedicina, la cual consiste en hacer uso de la tecnología de la información para llevar servicios médicos e información de un lugar a otro, lo cual es justo lo que se requiere en el país para incrementar la disponibilidad de dichos servicios, al darles una mejor distribución y valiéndose de los servicios de las telecomunicaciones que no solo seguirán presentes en la sociedad, sino que es garantía que continúan actualizándose y extendiendo sus redes, además de que se ha dado una implementación exitosa en la prestación de otros servicios dentro del territorio nacional.

Teniendo como base a la telemedicina, se plantea la alternativa de dar diagnósticos a distancia a través de una aplicación móvil que podrá ser instalada en los teléfonos inteligentes del sistema operativo Android entre los cuales se transmitirá la información sobre el estado de salud cardiovascular del paciente, información recogida por medio de una modificación a la tubuladura de un estetoscopio y procesada por la app. De ahí, el registro efectuado será analizado por un especialista de la salud que deberá, igualmente, poseer la app. Esta aplicación ofrecería los beneficios de establecer un registro del paciente, sobre el cual se puede observar la evolución de su caso, así como sirve para detectar alguna tendencia o el surgimiento de problemas, además de que el tipo de estetoscopio y los formatos de audio son flexibles para otorgar al doctor la posibilidad de un diagnóstico más acertado.

El mecanismo planteado supone un gran auxiliar para la medicina y tiene como objetivo principal el fomentar la telemedicina en el país al diversificar el uso de las telecomunicaciones ya establecidas, para así aumentar el número de personas que reciben el servicio y, por ende, disminuir las cifras de mortalidad por diagnósticos tardíos.



Respecto a los resultados, se ha observado con los primeros prototipos que sí es posible capturar los sonidos sistólicos del corazón, pero también es evidente la necesidad de aislar la pista de audio de los sonidos del exterior para una auscultación óptima y reconocible ya sea por el doctor o por un programa. El espectro del sonido será de gran ayuda para discernir entre el ruido de fondo y el proveniente del corazón, ya que, observando los diagramas de cada cardiopatía, se puede realizar una identificación visual que respalde las sospechas de una enfermedad.

A partir de la información recabada para el desarrollo de la presente propuesta, se concluyó que la telemedicina es aún un campo por explotar en nuestro país, dado que, en él se encuentra el futuro de los servicios médicos, en donde se pueden disminuir paulatinamente las consultas médicas en persona hasta el punto en que no sea necesario trasladarse de un lugar a otro con tal de recibir la asistencia, dado que se podrá contactar con el médico por medio de sus dispositivos electrónicos. Esto reporta beneficio para ambas partes, no solamente del lado del paciente, quien evidentemente gana además del acceso al servicio, calidad en los diagnósticos al agilizarse los tiempos de detección de patologías, sino que también se benefician los profesionales del ámbito de la salud, debido a que se crean nuevas fuentes de empleo orientadas a atender este tipo de sesiones y que después se encarguen de remitirlos con los especialistas. De igual forma se presenta un cierto impacto didáctico en la sociedad al involucrar al paciente con sus registros de salud cardiovascular, de modo que, de manera voluntaria o involuntaria, el paciente se va familiarizando con los términos y al comprender mejor su enfermedad, llevará de mejor forma su tratamiento y disminuirá sus probabilidades de que presente una muerte prematura.

Para finalizar, dentro de las recomendaciones, se hace constar que la vía auditiva para la detección de cardiopatías es algo complicada si no se cuenta con los filtros adecuados para aislar el ruido ambiental, de modo que una mejora que se le podría efectuar al prototipo, sería incluirle filtros pasa banda para que solo detecte la frecuencia de los latidos cardiacos y cancele tanto los ruidos del exterior como los internos de otros sistemas del cuerpo humano, como el digestivo o pulmonar, así como se debe fomentar la cultura de la prevención en la población, ya que si se van



estableciendo hábitos saludables y estos son reforzados por una autoridad médica, aunado a los diagnósticos oportunos, estos pueden salvar vidas.



Introducción

Planteamiento del problema

En México, fallecieron por afecciones cardiovasculares 42,131 personas en el 2011, según datos del INEGI, y dicha cifra denota una problemática en el sector salud, no solo en el estado de salud de la población, sino en la distribución de los servicios, la cual al ser ineficaz y desorganizada, se vuelve insuficiente para atender a todos los pacientes. De modo que es evidente que esa situación va a ir aumentando exponencialmente hasta que se encuentre algún método más eficaz y equitativo de distribuir la atención médica, y es ahí donde tiene cabida la telemedicina, la cual, se presenta como un proyecto viable para la correcta distribución y ampliación de la disponibilidad de los servicios médicos. Uno de los campos de acción de la telemedicina, es el diagnóstico de enfermedades, razón por la cual, la auscultación cardiaca toma relevancia y representa un medio de detección temprana de anomalías cardíacas, por lo que tomando en consideración esto se plantean interrogantes como: ¿de qué manera se puede optimizar la pronta detección de estas anomalías a partir del instrumento básico de auscultación? ¿Cómo se pueden usar las tecnologías de comunicación para identificar estas patologías? ¿Es posible establecer una mejor comunicación entre doctor y paciente, y hacer que este aprenda de su propia enfermedad en el proceso?

Objetivo general

- ✓ Diseñar y desarrollar una aplicación y dispositivo médico que sea capaz de diagnosticar anomalías cardíacas por medio de la detección de soplos en la grabación de una auscultación cardiaca.

Objetivos específicos

- ✓ Reducir las consultas médicas en persona, usando las ventajas de la telecomunicación para el envío del registro de las auscultaciones cardíacas.

UNAM – Sistema Incorporado – 6746

- ✓ Reducir las tasas de mortalidad y morbilidad por accidentes cardiovasculares y extender el servicio diagnóstico del sector salud.
- ✓ Impulsar la telemedicina en México, mostrando sus beneficios como el detectar signos de una posible enfermedad.

Fundamentación teórica

El impacto público de los padecimientos cardiacos y su tardía o nula detección, además de las consultas innecesarias, nos exigen plantear un método de consulta y diagnóstico novedoso y práctico.

La teleeducación ya se usa para llevar el conocimiento y la cultura a zonas donde no es posible por otros medios. La telemedicina en México es un campo con un desarrollo lento pero constante, con programas ya vigentes en varios estados del centro y sur del país (Como CDMX y Edo. De México, Campeche, Chihuahua, Chiapas y Guanajuato, además de la creación en 2002 del Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud, por poner algunos ejemplos citados en el artículo Telemedicina en México, de Dabaghi-Richerand, Chavárri y Torres-Gómez). Usando ideas y tecnologías espaciales ya existentes, se plantea la creación de este dispositivo.

La modalidad usada dependería de los medios disponibles y del público que decida hacer uso de la propuesta. Usando tecnologías como el radio o el internet, el método de diagnóstico sería accesible a una mayor variedad de personas en condiciones distintas.

Antecedentes

Práctica de la auscultación cardiaca

La auscultación cardiaca es parte importante de la exploración del paciente. Su práctica requiere de un adiestramiento específico y ha de ser realizada regularmente. Su origen se remonta a principios del siglo XIX, cuando el doctor René Laënnec desarrolló los primeros estetoscopios. Posteriormente, Joseph Skoda, médico checo, describió por primera vez los sonidos y soplos cardiacos, determinando la localización de los mismos y los signos que permitían el diagnóstico de las distintas patologías cardiacas. Una auscultación cardiaca correcta ha de hacerse en las condiciones más favorables posibles, con el paciente tranquilo y en reposo. Ha de realizarla de forma sistemática,

UNAM – Sistema Incorporado – 6746

escuchando cada uno de los ruidos y relacionándolos con las distintas fases del ciclo cardiaco, poniendo el fonendo en cada uno de los focos, usando tanto la membrana para detectar los ruidos de alta frecuencia, como la campana, para los de baja frecuencia. También es importante valorar los cambios de dichos ruidos al modificar la postura del paciente, pasando del decúbito a la sedestación y a la bipedestación.

Marco de referencia

Anatomía del corazón

Por dentro, el corazón se divide en cavidades izquierda y derecha, subdivididas en aurículas y ventrículos, separadas por tejido fibroso. Una válvula cardiaca asegura el correcto direccionamiento de la sangre entre estos espacios. La válvula tricúspide comunica de aurícula derecha a ventrículo derecho y la válvula mitral comunica de aurícula izquierda a ventrículo izquierdo (auriculoventriculares). A cada ventrículo se une una arteria principal con su propia válvula (arteria pulmonar y válvula pulmonar del lado derecho y arteria aorta y válvula aórtica del izquierdo, y estas válvulas son llamadas auriculoventriculares) y a cada aurícula se une una vena sin válvula (venas cavas para la aurícula derecha y pulmonares para la izquierda). Las válvulas sólo permiten el paso de sangre en una dirección: De la aurícula al ventrículo y del ventrículo a la arteria. El corazón se irriga por las arterias coronarias y las venas cardiacas.

El ciclo cardiaco comienza con la sístole: al inicio de la misma, hay un breve periodo conocido como contracción isovolumétrica, durante el cual, la presión intraventricular aumenta rápidamente hasta que sobrepasa la presión arterial, produciéndose la apertura de las válvulas semilunares e iniciándose la fase de eyección ventricular. En esta, la sangre es eyectada hacia la aorta y la arteria pulmonar. Al final de esta fase, las válvulas semilunares se cierran, y se inicia la primera fase de la diástole, conocida como de relajación isovolumétrica, que finaliza con la apertura de las válvulas auriculoventriculares, produciéndose el llenado ventricular. Este tiene dos fases: una inicial, de llenado pasivo, y otra, ya al final de la diástole, de llenado activo por la contracción auricular.

Las válvulas producen un ruido audible con el estetoscopio al cerrarse, pero para eso se deben considerar las zonas de auscultación:

- Foco aórtico (aorta descendente)
- Foco pulmonar (válvula pulmonar)
- Foco aórtico accesorio (válvula aórtica)
- Foco tricúspideo (ventrículo derecho)
- Foco mitral (válvula mitral)

Ruidos cardiacos y cardiopatías

Los ruidos se pueden describir en dos fases: La primera se produce por el cierre de las válvulas auriculo-ventriculares al comenzar la sístole y la segunda por el cierre de las válvulas semilunares (pulmonar y aórtica). Se puede escuchar un tercer ruido sólo en el foco apexiano, de mejor audición mientras menor es la edad del paciente, y el cuarto ruido auricular no se presenta sino entre mayor es la edad del sujeto.

Este cuarto ruido puede tener un origen que, de acuerdo con su ubicación, será derecho o izquierdo: Las causas derechas pueden ser hipertensión pulmonar o estenosis valvular pulmonar, mientras las izquierdas pueden ser la hipertensión sistémica, la cardiopatía isquémica, la insuficiencia mitral o la estenosis aórtica valvular. En ambos lados una causa puede ser la cardiomiopatía.

Por su parte, el resto de los ruidos también pueden presentar sus anomalías, sobre todo cuando se trata del segundo y cuarto ruidos. Tratado el cuarto anteriormente, diremos que el segundo puede presentar un fenómeno llamado desdoblamiento. Puesto que el segundo sonido se produce por dos componentes (El aórtico más fuerte y anterior, y el pulmonar silencioso y siguiente al aórtico) con una separación casi imperceptible, se puede dar el caso en que ambos componentes se diferencian por asincronía, usualmente relacionada con la respiración.

Soplos cardiacos

La sangre se mueve dentro de los vasos sanguíneos siguiendo una dinámica laminar unidireccional. Cuando el grosor de un vaso disminuye bruscamente y se interrumpe el



flujo laminar, el recorrido de la sangre se desvía en todas direcciones y crea turbulencia. Esta turbulencia da lugar a un remolino que produce un sonido audible con el estetoscopio con diferentes tonalidades dependiendo del diámetro de la luz del vaso. Este ruido es lo que se conoce como soplo.

Los soplos cardiacos son ondas sonoras turbulentas audibles, producidas en el corazón y en los grandes vasos por el paso de la sangre. Son muy frecuentes en los pacientes pediátricos y suponen la causa más frecuente de derivación a las consultas de Cardiología Pediátrica. La mayoría son inocentes o funcionales, es decir, producidos en corazones sanos. Para definir si son inocentes o patológicos, se ha de aprender a caracterizarlos adecuadamente. En el estudio de un soplo cardiaco, se evalúan las siguientes características:

- *Localización en el ciclo cardiaco:* según su posición relativa en el ciclo cardiaco y su relación con los ruidos cardiacos, se tratan de soplos sistólicos, diastólicos y continuos.
- *Intensidad sonora o grado:* Los soplos se gradúan según una escala numérica descrita por Levine en 1933, que se describe a continuación. Cuando se refiere por escrito, se suele consignar en forma de fracción (1/6, 2/6, 3/6...). La intensidad del soplo no se correlaciona con la gravedad de la lesión. - Grado 1: audible solo con gran concentración y en circunstancias favorables. - Grado 2: débil, pero audible con facilidad. - Grado 3: fácil de oír, de intensidad intermedia. - Grado 4: fácilmente audible y acompañado de un thrill o frémito (vibración palpable en la pared torácica). - Grado 5: muy intenso, acompañado de frémito y audible con solo el borde del estetoscopio sobre la pared torácica. - Grado 6: audible sin necesidad de apoyar el estetoscopio.
- *Localización en el tórax:* Determinar, tanto el punto de máxima intensidad del soplo, referido a los focos clásicos de auscultación, como el área de irradiación del mismo hacia otras zonas del tórax. Los soplos que tienen su origen en la arteria pulmonar, se suelen irradiar a la espalda; los aórticos, al cuello.
- *Duración y morfología:* largos, cortos, al inicio de una fase del ciclo cardiaco o al final de la misma... Romboidales o eyectivos, rectangulares [...]



UNAM – Sistema Incorporado – 6746

- *Timbre*: característica determinada por la presencia de armónicos o sobretonos: musicales, rudos, pantes [...]

Soplos inocentes

Un soplo inocente es aquel que se produce en ausencia de patología cardíaca, anatómica o funcional. Por tanto, se producen siempre en pacientes asintomáticos, y las pruebas complementarias que se les realizan son normales. Son muy frecuentes en la infancia, considerándose que más de la mitad de los niños en edad escolar, tienen o han tenido un soplo inocente. Es importante conocer los distintos tipos de soplos inocentes y sus características auscultatorias, para identificarlos y distinguirlos de los soplos patológicos. Como características generales, se puede decir que:

- Pueden ser sistólicos, lo más frecuente, o continuos, pero nunca diastólicos.
- Son de bajo grado de intensidad, de grado 1 a 3, pero nunca superior, es decir, no se acompañan de thrill o frémito.
- Raramente, se irradian a ciertas zonas, como la espalda, el cuello o las axilas.

Las contracciones rítmicas y ordenadas de bombeo del corazón se regulan por el sistema nervioso a través del sistema de conducción del corazón.

El lado derecho del corazón se encarga de la circulación venosa o menor y el izquierdo de la mayor o arterial.

La telemedicina

La telemedicina es definida por la Organización Mundial de la Salud como «El uso de la tecnología de la información para llevar servicios médicos e información de un lugar a otro», esto involucra la transferencia de información mediante el uso de la tecnología en telecomunicaciones que lleva a la interpretación de datos que permitan llegar a un diagnóstico y tratamiento adecuado. En la actualidad, este concepto se ha expandido al sector salud para la enseñanza a distancia, la administración de servicios y el monitoreo de pacientes, entre otros.

Hay dos modalidades en telemedicina (Patterson, 2005), que varían en la temporalidad:



- **Asincrónica**, en la cual se realiza una grabación, almacenamiento y transmisión por el médico de primer nivel y, posteriormente, la repetición de la información por el médico especialista, el cual, posteriormente, emite un diagnóstico y una recomendación.
- **Sincrónica**, en la cual se realiza una transmisión en tiempo real entre el paciente y el personal de salud, que llegará al diagnóstico y a la recomendación del tratamiento.

El campo de aplicación de la telemedicina se ha expandido, desde la dermatología, en donde con sólo una imagen se puede establecer el diagnóstico, pasando por una gran cantidad de especialidades, llegando a usarse en especialidades tan complejas como la neurología y psiquiatría en donde se requiere, para establecer un adecuado diagnóstico y tratamiento preciso, la interacción estrecha con el paciente. La justificación para establecer un programa de telemedicina tiene su base en el concepto de eliminar la distancia para permitir llevar una atención médica de calidad de manera oportuna a todas las partes de una región, sin la necesidad de establecer médicos especializados en dicha localización, y poder llegar, ya sea de manera sincrónica o asincrónica, a un adecuado diagnóstico y establecer el tratamiento necesario, con lo cual se permite disminuir la morbilidad de una población y evitar tratamientos tardíos y complicaciones. También se tiene como objetivo el emitir recomendaciones para las campañas de prevención y educación de la población en aspectos básicos de salud. Logrando estos objetivos, se disminuirían los costos del sistema de salud. De igual manera, uno de los objetivos a gran escala de la telemedicina es eliminar las fronteras de salud, es decir, poder compartir la experiencia y conocimiento de médicos de distintas partes del mundo, de distintas patologías características de una región, así como dar a conocer avances tecnológicos y tratamientos innovadores con mejores resultados.

Telesalud en México

México, especialmente, tiene la necesidad del uso de esta «nueva» forma de practicar la medicina, ya que cuenta con un gran número de habitantes que requieren atención de médicos especialistas; hasta 2010, de acuerdo con cifras oficiales del INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), se contaba con 112,336,538 habitantes en un territorio de 1,964,375 km², y aunado a esto, se tiene la dificultad de vías de comunicación escasas y, en algunos casos, inadecuadas, así como la

UNAM – Sistema Incorporado – 6746

concentración de servicios especializados, sobre todo en las grandes ciudades, los cuales, en ocasiones no son accesibles por costo y tiempo para gran parte de las personas del territorio nacional, marginándolos de recibir la atención necesaria para la resolución de diferentes patologías. Con este panorama en mente, se creó el Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud en el año 2002, lanzando a nivel sectorial la telemedicina.

Actualmente, el país cuenta con programas de telemedicina, teleadministración y/o teleeducación en los estados de Campeche, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sonora, Tamaulipas, Yucatán y Zacatecas; sin embargo, aún quedan estados que requieren de la implementación y desarrollo de esta tecnología para aumentar la cobertura de servicios de salud, educación y administración a distancia. Es de vital importancia enfatizar que los componentes necesarios para la administración de este tipo de programas implica como mínimo la participación de médicos periféricos, médicos especialistas, personal de soporte tecnológico, una red de telecomunicaciones lo suficientemente efectiva para la transferencia de datos de manera oportuna, centros consultantes y unidades móviles. Todo esto implica un adecuado entrenamiento de todo el personal involucrado, una adecuada operación del equipo tecnológico, así como una inversión considerable a corto plazo. Teniendo en cuenta todo lo anterior, el último paso –y quizá el más importante– es una participación y apego a los programas por parte del personal de salud, para obtener un buen funcionamiento y el mayor beneficio propuesto por este programa.

Especificaciones técnicas de los micrófonos

Conector de audio analógico

El conector de audio análogo (audio jack en inglés) de señales analógicas se utiliza para conectar micrófonos, auriculares y otros sistemas de señal analógica a dispositivos electrónicos, aunque sobre todo audio. Se utiliza un código de colores para distinguirlos: verde, azul, rosa / rojo, gris, negro, naranja.

Se le denomina también conector TS (tip-sleeve, punta-funda), de tipo desbalanceado, o conector TRS (tip-ring-sleeve, punta-anillo-funda), de tipo balanceado. Los hay en



distintas medidas, pero el más popular es el conector de 3,5 mm usado en la mayoría de teléfonos inteligentes.

El puerto de audio tiene la función de capturar audio procedente del exterior, grabar señales de audio, reproducir sonido hacia bocinas y capturar la señal del micrófono, consta de un conector cilíndrico con 2 ó 3 terminales que permite la transmisión de datos a un dispositivo externo (periférico), básicamente bocinas y micrófonos, desde la computadora; por ello se le denomina puerto.

En dispositivos móviles, donde los auriculares también incluyen micrófono, se denomina conector TRRS (tip-ring-ring-sleeve, punta-anillo-anillo-cuerpo). Es un conector de audio utilizado en numerosos dispositivos para la transmisión de sonido en formato analógico.

Las siglas TS, TRS y TRRS, son el resultado del tipo de conector según su construcción.

Recepción del sonido en un micrófono

Un micrófono es un transductor, es decir, transforma una energía (acústica) en otra (eléctrica). Inversamente a lo que hace un altavoz, que transforma la eléctrica en sonido. Aunque hay muchas clases de micrófonos, el funcionamiento de todos es muy similar. La voz produce una serie de vibraciones que ejercen presión sobre un diafragma que se encuentra dentro del micrófono, una membrana similar al tímpano de nuestros oídos. Esta membrana está unida a un dispositivo que, dependiendo del tipo de micrófono, puede ser una bobina, un cristal, partículas de carbón, un condensador, etc. Y a su vez, este mecanismo es capaz de transformar estas variaciones sonoras en electricidad.

Directividad

Los micrófonos no captan el sonido de igual manera por todos sus lados. La directividad es la característica que nos indica desde qué dirección recoge mejor el sonido. Es importante conocer los patrones de directividad de los micrófonos para colocarlos correctamente en las grabaciones.



UNAM – Sistema Incorporado – 6746

Unidireccionales: Captan en una sola dirección. Estos micrófonos reciben mejor la señal al hablarles de frente, aunque siempre recogen un poco de sonido por la parte trasera y lateral.

Bidireccionales: Captan por ambos lados de la cápsula. Esto permite colocar a la locutora frente al locutor, grabándose el audio con la misma intensidad. Es muy útil para que los actores graben cara a cara durante una escena.

Omnidireccionales: Por cualquier lado que hablemos, el micrófono recogerá perfectamente el audio. Son ideales para escenas de grupo.

Espectro audible

La información acerca de qué frecuencias integran un sonido y cuáles son las respectivas amplitudes y fases constituye lo que se denomina espectro del sonido. Se suele representar con un par de gráficos con la frecuencia en las abscisas, y en las ordenadas la amplitud o energía en uno y la fase en el otro.

El espectro audible, también denominado campo tonal, se halla conformado por las audiofrecuencias, es decir, toda la gama de frecuencias que pueden ser percibidas por el oído humano.

Un oído sano y joven es sensible a las frecuencias comprendidas entre los 20 Hz y los 20 kHz. No obstante, este margen varía según cada persona y se reduce con la edad (llamamos presbiacusia a la pérdida de audición con la edad). Este rango equivale muy aproximadamente a diez octavas completas ($2^{10}=1024$). Frecuencias más graves incluso de hasta 4 ciclos por segundo son perceptibles a través del tacto, cuando la amplitud del sonido genera una presión suficiente.

Definición de términos básicos

Auscultación: Exploración de los sonidos que se producen en el interior de un organismo humano o animal, especialmente en la cavidad torácica y abdominal, mediante los instrumentos adecuados o sin ellos.



UNAM – Sistema Incorporado – 6746

Telemática: Servicio de telecomunicaciones que permite la transmisión de datos informatizados a través del teléfono.

Cardiopatía: Enfermedad del corazón.

Teleeducación: Técnica que hace uso del medio teléfono con un sistema de micrófonos y bocinas, donde un experto hace la exposición de temáticas a alumnos distantes.

Interfaz: Dispositivo capaz de transformar las señales generadas por un aparato en señales comprensibles por otro.

Sedestación: Es la posición sentada o de mantenerse sentado de forma autónoma.

Decúbito: Posición del cuerpo de una persona tendida horizontalmente.

Bipedestación: Posición de estar un animal erguido y sostenido sobre dos patas.

Isovolumétrica: Primera fase de la sístole ventricular que precede a la apertura de las válvulas sigmoideas en la que el ventrículo.

Soplo: es un ruido silbante, chirriante o áspero que se escucha durante un latido cardíaco.

Algoritmo: Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas.

Compilar: es un programa informático que traduce un programa que ha sido escrito en un lenguaje de programación a un lenguaje común.

Presbiacusia: Pérdida progresiva de la capacidad para oír altas frecuencias.

Hipótesis:

Será viable captar el sonido de los movimientos del bombeo cardíaco, usando la campana del estetoscopio y un micrófono si estos están correctamente aislados del

UNAM – Sistema Incorporado – 6746

ruido ambiental, convirtiéndolo a un audio de calidad óptima .ogg o .mp3 que se pueda enviar a un médico o analizar por una aplicación móvil a partir del espectro de audio, comparando con la referencia de una persona saludable.

Dependiendo de la precisión detectora del dispositivo, se podrán determinar y diagnosticar de manera más práctica y sencilla algún tipo de cardiopatía o anomalía.

Metodología

De acuerdo a nuestra hipótesis la variable independiente es el uso de una doble campana de estetoscopio que integra un micrófono con entrada TRRS para celular y el uso de la app para detectar anomalías (características del dispositivo, conexión y app) y la dependiente es la calidad del audio que permitirá el diagnóstico de cardiopatías por los soplos cardiacos.

Debido a que se plantea la elaboración de una aplicación y un dispositivo médico, el tipo de metodología que se llevará a cabo comprenderá dos fases, la de investigación documental y la del desarrollo experimental.

1. Investigación documental

Fuentes bibliohemerográficas y mesográficas: Mediante la revisión de distintos documentos, analizándolos y comparándolos entre sí, se recabará información respecto a todo lo referente con la práctica de la auscultación, los soplos cardiacos, cardiopatías comunes y el desarrollo de aplicaciones en sistema Android.

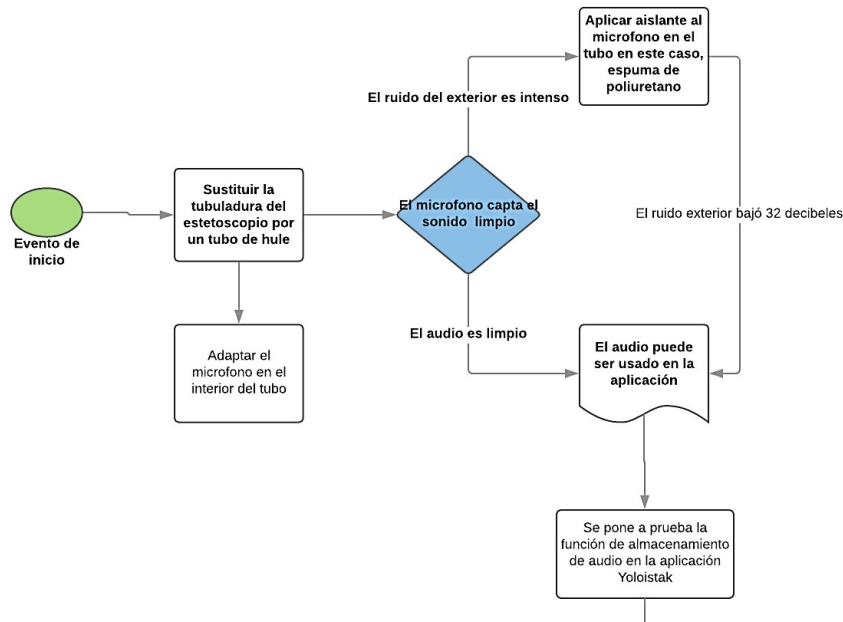
2. Desarrollo experimental

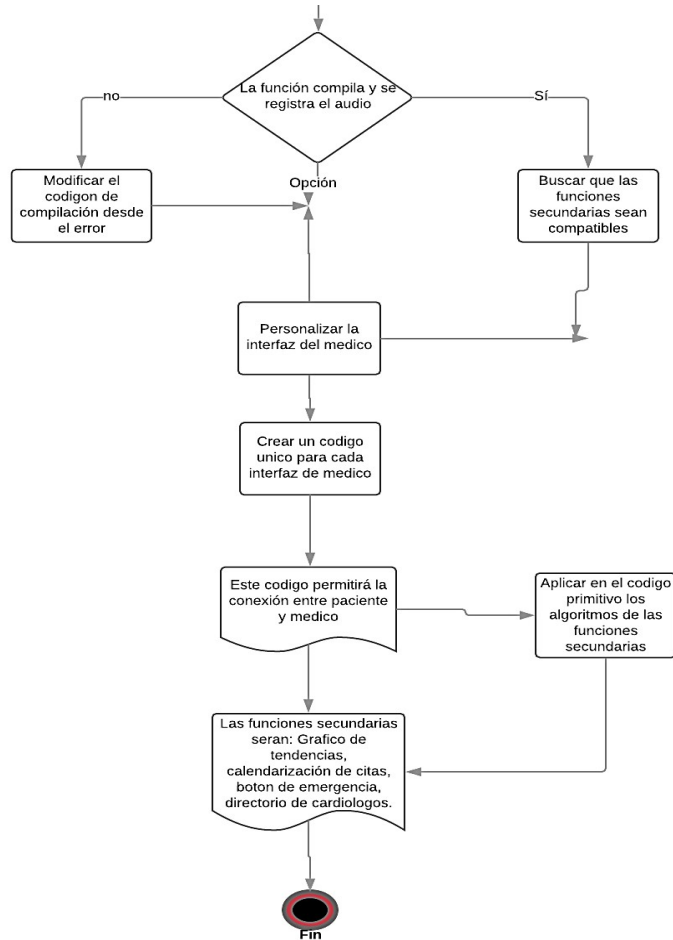
Software y hardware: Consultando a programadores de aplicaciones, ingenieros en sistemas así como páginas digitales para la elaboración de apps, se estructurará un diagrama de flujo con los pasos a seguir para la creación tanto de la aplicación como la del dispositivo médico.

Pruebas: Teniendo el producto finalizado se procederá a probarlo en 3 pacientes distintos, el primero un adolescente de 14 años con una buena salud cardiovascular, el

UNAM – Sistema Incorporado – 6746

segundo una señora de 44 años con un soplo cardiaco que le fue diagnosticado desde temprana edad pero nunca se le asignó un tratamiento y la tercera una señora de 54 años que padece hipertensión arterial sistólica desde los 40 años. Y en base a lo que arrojen los resultados, efectuar un análisis.





Resultados

La aplicación desarrollada cumplió con el propósito de proporcionarle al paciente una forma más eficiente de realizarse un chequeo y le proporciona herramientas que le facilitarán el diagnóstico, tratamiento y seguimiento en el caso de presentar alguna anomalía cardíaca (Figura 1).

Fue exitoso el discriminar distintas grabaciones para poder determinar cuál de estas era de un corazón sano y cuál, con el simple hecho de escuchar, era irregular.

El hardware es capaz de captar los sonidos del corazón con una calidad alta, la secuencia cardíaca es limpia, clara y precisa para poder escuchar cualquier anomalía con facilidad. Fue probado en un joven de 14 años cuya secuencia cardíaca es normal (Figura 2), en esta logró observarse una secuencia claramente constante, sin variaciones ni aumento en la amplitud; en una señora de 70 años diagnosticada con un

UNAM – Sistema Incorporado – 6746

soplo cardiaco desde temprana edad (Figura 3) era evidente la anomalía, la secuencia empezaba hasta cierto punto constante y luego cambiaba, mostrando un aumento en la amplitud contrastante con el resto de la lectura, y en una persona con hipertensión arterial detectada a los 40 años (Figura 4), en donde la lectura mostraba secuencias claramente irregulares, no había una constancia y al momento de escucharla carecía de un ritmo establecido. En todos se pudo observar el espectro y las anomalías eran notorias puesto que mostraban una frecuencia distinta a la saludable.

En la interfaz se encuentran varias opciones, en primer lugar está la de lector de código QR, que a través de la cámara leerá el código de cada doctor. Después, se encuentra un calendario en donde se van a poner en sintonía el doctor con el paciente para hacer las citas. También, una gráfica de tendencias en la que., según las veces que se haya realizado la auscultación, mostrará las variaciones de esta. Otro con el sonido, en donde se va a mostrar el espectro de lo que se esté auscultando; Cuenta con un directorio de cardiólogos además de información sobre padecimientos comunes del corazón (Figura 5).



Figura 1. Dispositivo médico y la



Figura 2. Espectro de ciclo cardiaco normal



Figura 3. Espectro de un soplo cardiaco



Figura 4. Espectro de ciclo cardíaco de una hipertensa

Figura 5. Interfaz de la aplicación móvil

Conclusiones:

En base a los resultados obtenidos y la investigación efectuada para el proyecto, se concluyó que es posible diagnosticar cardiopatías mediante los soplos escuchados al momento de realizar la auscultación cardíaca, por medio de un micrófono con conexión TRRS integrado a una doble campana de estetoscopio; así como se identificó que uno de los principales factores que intervienen en el alto porcentaje de la tasa de mortalidad a causa de afecciones cardiovasculares en México, es la ausencia de diagnósticos oportunos, los cuales pueden deberse a una gran cantidad de cuestiones que van desde lo socio-económico hasta lo geográfico, hecho que de igual forma refleja que la telemedicina en nuestro país es aún un campo por explotar, dado que si recurriera a este campo, se podría solucionar el problema de las distancias que se deben recorrer para llegar a los centros de salud y aumentaría el sector de la población que recibe atención médica, se agilizarían los procesos de detección y se salvarían una gran cantidad de vidas.

Con respecto al dispositivo desarrollado, se considera que una mejora que podría implementarse sería el añadir un filtro pasa banda para poder aislar los latidos cardíacos de los ruidos externos y los internos de los demás sistemas del cuerpo humano como el respiratorio o digestivo para así obtener una auscultación cardíaca óptima y facilitar la detección de cardiopatías, de igual modo, otra propuesta con

UNAM – Sistema Incorporado – 6746

respecto a la aplicación, sería el incluir otras funciones secundarias como un botón de emergencia, que antes de iniciar la grabación de la auscultación la aplicación le presente al usuario un cuestionario inicial para saber el estado de la persona y al tomar en cuenta estos factores, se puedan ir descartando ciertas anormalidades, que la app le solicite permiso al usuario para saber su ubicación y así pueda recomendarle consultorios de cardiología cercanos y por último, una gran innovación sería el incluirle a la aplicación la capacidad de tener un sistema de procesamiento neuronal para que en base a los historiales de los ciclos cardiacos de pacientes previos, la aplicación pueda detectar ciertos patrones y vaya incorporando esos nuevos modelos a su base de datos para que aprenda a identificar más tipos de patologías y cuando detecte una coincidencia con dichos modelos, la aplicación pueda brindar información al respecto.

Por último, a lo largo de la elaboración del proyecto, se comprendió que este ofrece aportaciones a la telemedicina en donde salen beneficiados tanto el paciente como los profesionales médicos, los primeros debido a que además de conseguir acceso al servicio de salud, obtienen calidad en los diagnósticos y pueden prevenir afecciones agudas mientras que para los segundos se abren nuevas fuentes de empleo orientadas a atender este tipo de sesiones en línea y que después los remitan con algún cardiólogo para atender su problema. También se puede observar una aportación para la sociedad en el aspecto didáctico dado que al involucrar al paciente con sus registros de ciclos cardiacos, de forma autónoma, se va familiarizando con los términos y al comprender bien su patología, llevarán de mejor forma su tratamiento y disminuirán las posibilidades de que presente una muerte prematura.

Aparato crítico:

Fuentes bibliohemerográficas

Dabaghi. A., Chávarri, A. y Tórres, A. (octubre de 2012). Telemedicina en México. Anales médicos. Vol. 57. Pp. 353-357 [PDF]

Guadalajara, J. (marzo 2015). La auscultación del corazón, un arte en vías de extinción. Gaceta Médica de México. Vol. 151. Pp. 260-265. [PDF]

UNAM – Sistema Incorporado – 6746

Marroquín, A., Bravo, D. (2008). Prevención y diagnóstico oportuno del riesgo de enfermedad cardiovascular en la mujer en el primer nivel de atención. México: Secretaría de Salud. [PDF]

Tamariz-Martel, R. (2016). Auscultación cardiaca. Pediatría integral: Regreso a las bases. Pp. 560.e1-560.e5. Madrid: Servicio de Cardiología Pediátrica. [PDF]

González, A. F. (Año desconocido). *Significación clínica de los ruidos cardiacos*. México: Consejo mexicano contra la hipertensión. [PDF]

Fuentes mesográficas

García, S. (2013). *Pregunta 34: ¿CÓMO FUNCIONAN LOS MICRÓFONOS?* Manual para radialistas Alfatecnicos. Recuperado de: <http://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=34>

Autor desconocido. (2008). *Los puertos de audio / Jack 3.5mm*. Informaticamoderna.com. Recuperado de: http://www.informaticamoderna.com/El_puerto_de_audio.htm

Navarro, J. M. (2011). *Espectros sonoros*. Acústica y sonido. Recuperado de: <http://acusticaysonido.com/?p=76>

Anexos

```
<script type="text/javascript">
    window.$zopim||(function(d,s){var z=$zopim=function(c){
    z._.push(c)},$=z.s=
    d.createElement(s),e=d.getElementsByTagName(s)[0];z.set=function(o)
    {z.set.
    _.push(o)};z._=[];z.set._=[];$.async=!0;$.setAttribute('charset','utf-8');
    $.src='https://v2.zopim.com/?
    28jowp7lbX4XsCn2KEpM8mhk97ayHH9m';z.t=+new Date;$.
    type='text/javascript';e.parentNode.insertBefore($,e)})(document,'script');
</script>
</head>
<body style="background-color: #dbdbdb;">
<div id="wrap" class="wrapper">
```



```
<div class="block_hire_a_pro"><a href="javascript:void(0);"
class="btn_stn btn_hire_a_pro" onclick="showPopup_HireaPro();"
title="Desarrollo Orden">Desarrollo Orden</a></div>
<header id="header">
<div class="account_panel app_panel"><div class="inner">
<div class="logo pull-left">
<a href="https://es.ibuildapp.com" title="iBuildApp">iBuildApp</a>
</div>
<div class="auth_info dropdown">
<a href="#" class="dropdown-toggle" id="dLabel" data-hover="dropdown"
data-toggle="dropdown" role="button" data-target="#">
<span>
Brian
</span>
</a>
<ul class="dropdown-menu" role="menu" aria-labelledby="dLabel">
<li><a href="https://es.ibuildapp.com/myapplications.php" title="Mis
aplicaciones" class="icon_apps">Mis aplicaciones</a></li>
<li><a href="https://es.ibuildapp.com/mytemplates.php" title="Mis
plantillas" class="icon_templates">Mis plantillas</a></li>
<li><a href="https://es.ibuildapp.com/mymodules.php" title="Mis
características " class="icon_features">Mis características </a></li>
<li><a href="https://es.ibuildapp.com/myplans.php" title="Mi facturación"
class="icon_billing">Mi facturación</a></li>
<li><a href="https://es.ibuildapp.com/members/2894883/" title="Mi perfil"
class="icon_profile">Mi perfil</a></li>
<li><a href="https://es.ibuildapp.com/enterprise/appstore" title="Mi tienda
de Aplicaciones " class="icon_appstore">Mi tienda de Aplicaciones
</a></li>
<li><a class="logout"
href="https://es.ibuildapp.com/marketplace/login.php?
mode=logout&ibuildapp" onclick="_gaq.push(['_trackEvent', 'User',
'logout']);">Cerrar sesión</a></li>
</ul>
</div>
<div class="auth_info dropdown">
<a href="#" class="dropdown-toggle" id="dLabel" data-hover="dropdown"
data-toggle="dropdown" role="button" data-target="#">
<span>Necesita ayuda?</span>
</a>
<ul class="dropdown-menu" role="menu" aria-labelledby="dLabel">
<li><a href="http://support.ibuildapp.com/hc" target="_blank"
title="Departamento de soporte técnico (Preguntas frecuentes)"
```

```

class="icon_faq">Departamento de soporte técnico (Preguntas
frecuentes)</a></li>
<li><a href="http://support.ibuildapp.com/categories/20077430"
target="_blank" title="Foro de la comunidad" class="icon_forum">Foro de
la comunidad</a></li>
<li><a href="https://vimeo.com/user19162508/videos" target="_blank"
title="Tutoriales en video" class="icon_video">Tutoriales en
video</a></li>
<li><a href="http://support.ibuildapp.com/requests" title="Mis Solicitudes"
class="icon_tickets">Mis Solicitudes</a></li>
</ul>
</div>
<div class="h_phone" title="Soporte Telefonico"><a href="tel:
+14159695090">+1 (415) 969-5090</a></div>
<div class="clearfix"></div>
</div></div>
<div class="clearfix"></div>
</header>
<script type="text/javascript" src="//es.ibuildapp.com/tmp/assets-
5f40ed1cb8e2150fd3fd1d5398541913.min.js"></script>
<script type="text/javascript">

```

```

$(document).ready(function(){
$(".advanced_menu .navbar-toggle").click(function(e){
$(".advanced_menu .main_nav").slideToggle();
e.stopPropagation();
});
$(".advanced_menu").sticky({
topSpacing: 0
});

```

```

$(".drp_down_li a").click(function(e){
$(".drp_down_li ul").show();
$(document).bind('click',function(){
$(".drp_down_li ul").hide();
});
e.stopPropagation();
});

```

```

var docsearch = document.location.search;
if (docsearch.length==0){
docsearch = '?no_redirect';

```



```
    }  
    else if (docsearch.indexOf('no_redirect')<0){  
    docsearch = docsearch+'&no_redirect';  
    }  
    $('.lang_switch .drp_down_li li a').each(  
    function(index, elem){  
    $(elem).attr('href', $(elem).attr('href')  
    +document.location.pathname+docsearch+document.location.hash)  
    }  
    );  
    });
```