DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PRÁCTICO DE FANTOMAS PARA AUSCULTACIÓN BASADO EN APRENDIZAJE MULTIDISCIPLINARIO PARA EL FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES TÉCNICAS Y BLANDAS APRENDIDAS EN CLASES

Felipe Cid B, Instituto de Electricidad Y Electrónica, UACh, felipe.cid@uach.cl
Javier Melillanca C., Instituto de Electricidad Y Electrónica, UACh, javier.melillanca@alumnos.uach.cl
Gustavo Schleyer D., Instituto de Electricidad Y Electrónica, UACh, gustavo.schleyer@uach.cl
Paulo Gallardo C., Instituto de Electricidad Y Electrónica, UACh, gallardo.casanova@gmail.com
Felipe Vargas M.,Instituto de Electricidad Y Electrónica, UACh, felipe.vargas@uach.cl
José Mardones F., Instituto de Electricidad Y Electrónica, UACh, jmardones@uach.cl
Gustavo Sanhueza R., Instituto de Enfermería, UACh, gustavo.sanhueza@uach.cl
Daniel Lühr S., Instituto de Electricidad Y Electrónica, UACh, daniel.luhr@uach.cl

RESUMEN

Actualmente, el desarrollo de actividades multidisciplinarias es un práctica activa que ayuda a los estudiantes a desarrollar sus competencias por medio de aplicaciones a otras áreas. Esto, con el fin de fomentar el crecimiento de las capacidades técnicas y blandas de las personas en formación. Por este motivo, se ideó desarrollar con los estudiantes de la carrera Ingeniería Civil Electrónica de la Universidad Austral de Chile, proyectos orientados a un enfoque interdisciplinario. Uno de esos proyectos es descrito en este trabajo, como es el desarrollo de un prototipo de fantomas que genera sonidos corporales internos, para procesos de auscultación como parte de una simulación clínica aplicada a cursos del área clínica de Medicina y Enfermería. Este prototipo buscaba mejorar las habilidades técnicas para el diseño e implementación, y las habilidades blandas por medio de la gestión con los diferentes actores del proyecto, los cuales explicarán las necesidades que requieren de este prototipo. Este proyecto multidisciplinario integra múltiples tecnologías y protocolos de comunicación, técnicas de prototipado que incluyen sensores, simulación e impresión 3D, pero sobre todo, cooperación interestudiantil entre carreras universitarias.

PALABRAS CLAVES: Interdisciplina en la formación del ingeniero, Estrategias para mejorar metodologías docentes, Aprendizaje basado en proyectos.

INTRODUCCIÓN

El nuevo modelo educativo UACh, se caracteriza por un cambio de paradigma, donde el centro de la enseñanza deja de ser el docente y pasa a ser el estudiante, y donde éste considera los perfiles de egreso y profesionales para promover el desarrollo de competencias. A su vez, permite facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje, integrando lo teórico con la práctica (UACH, 2007). En este contexto, considerando principalmente el uso de las tecnologías

electrónicas e informáticas disponibles, actualmente es posible implementar una amplia gama de ambientes simulados para prácticas de enseñanza de procesos, tales como el desarrollo de soluciones simples para problemas reales, ya sea por medio de *prueba de conceptos* o *prototipos* para soluciones mayores; además, cabe señalar que la irrupción de productos Open Hardware y Open Software han abaratado dramáticamente los costos de diseño y construcción de soluciones electrónicas para generar soluciones multidisciplinarias. Así, el desarrollo de sistemas electrónicos para procesos reales desarrollados por estudiantes, se presenta como un método efectivo para mejorar y entrenar las capacidades de los futuros Ingenieros, a través de una educación que les ayude a innovar y aplicar sus conocimientos a todo tipos de disciplinas, enfocándose en este caso en medicina y enfermeria. Esto fomenta el emprendimiento estudiantil en el aula, potenciando las capacidades blandas y las competencias profesionales de los alumnos mediante trabajos multidisciplinarios, con el fin de apoyar la formación de Ingenieros en una sociedad global y conectada para la solución de necesidades e innovaciones en el desarrollo de producto.

Siguiendo lo anterior, dentro de este trabajo se describe un proyecto basado en el desarrollo interdisciplinario realizado por estudiantes de Ingeniería Civil Electrónica, que busca diseñar, construir y prototipar un fantomas que genera sonidos corporales internos, para procesos de auscultación como parte de los elementos de simulación clínica de la Universidad. Este trabajo ha estado en desarrollo desde el año 2016, comenzando con conversaciones con el Instituto de Enfermería de la Universidad Austral, donde se requería desarrollar nuevos equipos que apoyen la formación de los estudiantes de enfermería y fomenten los procesos de telemedicina desde el aula a los entornos clínicos. La propuesta inicial estaba basada en el desarrollo del cuerpo básico del fantoma, para generar sonidos de órganos internos en determinadas zonas durante los procesos de auscultación, como los puntos que se muestran en la Figura 1.

Figura 1.- Puntos de auscultación

La necesidad de este tipo de equipos se debe a que la enseñanza tradicional en el área de la salud era realizada en primera instancia con el paciente, en base a un apresto teórico o demostrado por el docente, con escaso o nulo entrenamiento previo (Gómez M. et al., 2011). La actualidad y el difícil ejercicio de la práctica asistencial, limitan las posibilidades de

entrenamiento de los estudiantes, basando la instrucción en teoría o demostración de procedimientos sin la posibilidad de replicar (Gómez L.M. et al., 2008). Este escenario requiere métodos educativos que permitan adquirir destrezas y habilidades a través de la repetición de técnicas, actividades o toma de decisiones las veces que se requiera, para lograr un aprendizaje significativo y un dominio que garantice un óptimo nivel de seguridad, para luego realizarlas en pacientes reales (Gómez M. et al., 2011). La Simulación Clínica es una metodología que consiste en posicionar al estudiante en un contexto real (George S. et al., 2014), con el propósito de practicar, aprender, evaluar o adquirir conocimientos (De La Horra G.I. et al., 2010). Dentro de la simulación existen diferentes clasificaciones, una de estas es Part task (Partes de un maniquí) la cual representa sólo una parte de la anatomía humana. Estos se utilizan en la adquisición de conocimientos técnicos, destrezas y habilidades (Barrios S. et al., 2011). Dentro de estos existen simuladores de alto perfil tecnológico, con interactividad maniquí/estudiante-profesional, estos pueden reproducir alguna función concreta como sonidos cardiacos normales y patológicos o varias de ellas, como función pulmonar y cardiaca, funciones que se pueden programar mediante software para simular un síndrome clínico seleccionado (Corvetto M. et al., 2013), siendo este último el método seleccionado para este trabajo.

Para apoyar estos procesos educativos se propuso el presente trabajo, el cual consiste en modificar un fantoma e incluir características necesarias para la auscultación de forma sencilla en puntos definidos, que permitan la realización de prácticas con estudiantes de la Universidad. Así, a partir de estos requerimientos, el fantoma que se espera implementar posee algunas funciones complejas, que el Instituto de Electricidad y Electrónica comenzó a desarrollar con estudiantes del curso ELEL-183, Diseño de Sistemas Digitales que está en la etapa de licenciatura de la malla curricular en cuarto año. Este curso estaba directamente enfocado a este tipo de desarrollos, dado que su principal función es crear prototipos multidisciplinarios e innovadores que respondan a necesidades reales, e incluyan múltiples técnicas e elementos como sensores, simulación e impresión 3D, que fueron aprendidos en cursos anteriores o del mismo semestre.

DESARROLLO

El objetivo que se busca desarrollar es un fantomas, que los estudiantes de enfermería y medicina puedan utilizar para obtener conclusiones del estado del paciente basado en sonidos producidos por órganos internos que simulan escenarios de posibles cardiopatías o bien problemas pulmonares (Zhdanov D.S. et al., 2014). El desarrollo del fantomas seguirá la funcionalidad y escalabilidad para el desarrollo de productos, comenzando desde pruebas de conceptos, prototipos y versionado hasta llegar a una solución final, integrando estos pasos dentro de los procesos educativos para fomentar la innovación estudiantil. Siguiendo esta temática, se implementaron un mínimo de etapas que fueron realizadas para el proceso de

desarrollo de este proyecto, por parte de los alumnos de Ingeniería Civil Electrónica con la guía de los profesores, siguiendo el esquema que se muestra en la Figura 2.

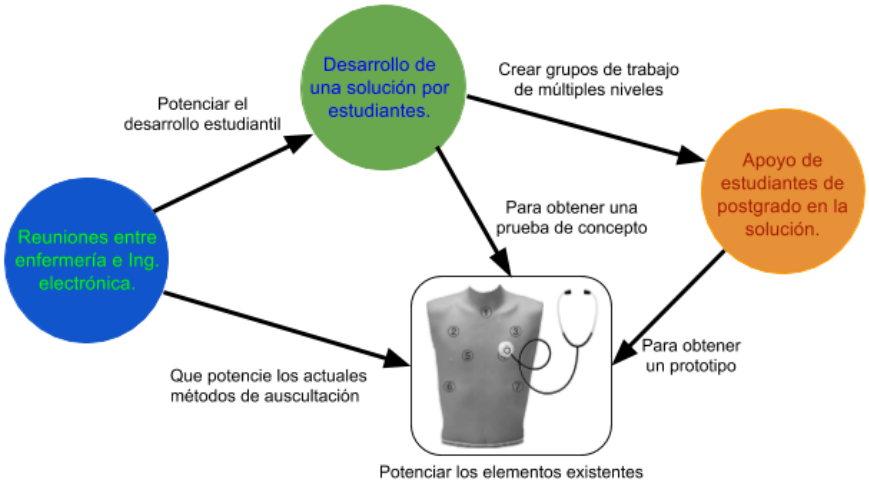

Figura 2.- Esquema general del desarrollo del prototipo.

A continuación se describen las etapas de proyecto:

ETAPA 1 - PRUEBA DE CONCEPTOS

Un paso importante en el desarrollo de soluciones tecnológicas es la prueba de conceptos, en este caso se les pidió a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil Electrónica validar la funcionalidad de la idea por medio de diferentes propuestas. Para esto, se les entregó este trabajo a dos grupos de estudiantes del curso ELEL-183 mencionado anteriormente, para que propongan ideas y las implementen. Como paso inicial se reunieron con los docentes del Instituto de Enfermería de la Universidad para analizar los requerimientos antes mencionados.

Al estudiar los requerimientos y hacer un estado del arte de los dispositivos existentes, los grupos se dividieron en dos modalidades. En el caso del primer grupo, se enfocaron en un sistema simple que integra botones debajo de la piel del fantomas en las zonas de auscultación, por lo tanto, al activar uno de los interruptores con un estetoscopio, se reproduce el sonido único de ese punto desde un parlante en el pecho del fantoma. Este sistema, permite que el sonido sea reproducido de forma sencilla e intuitiva con cualquier tipo de estetoscopio, como se muestra en la Figura 3.a. En el caso del segundo grupo, integraron una interfaz de usuario conectado a una tarjeta de sonido externa con un parlante que se encuentran dentro del fantomas y reproduce el sonido que se elija dentro de la interfaz que se muestra en la Figura 3.b.

El resultados de estos dos enfoques demostraron que grupos con igualdad de condiciones pueden ofrecer resultados diferentes, permitiendo que en la etapa de prototipado se puedan tomar las mejores características y funcionalidades de cada una de las versiones. También, es importante mencionar que se utilizó hardware y software libre, tales como: Arduino (Arduino, 2017), QTCreator 4.7 (QT, 2017), entre otros. Finalmente, se puede decir que esta prueba de conceptos cumplió su función a cabalidad dando lugar al prototipado.

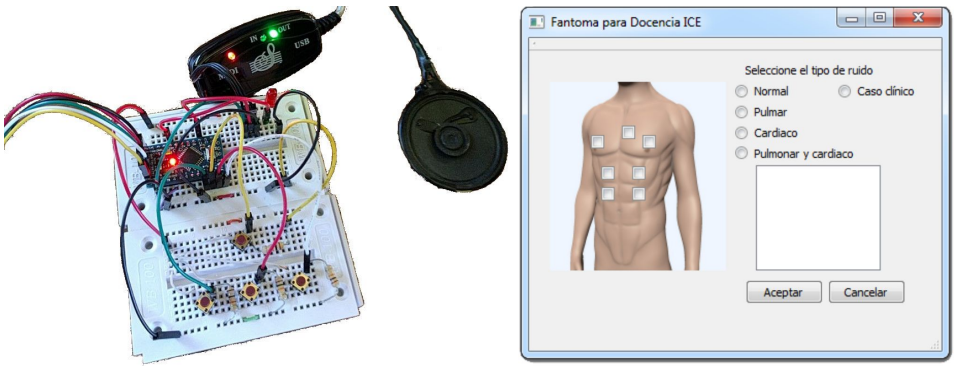

Figura 3.- a) Prueba de conceptos del primer grupo; b) Interfaz inicial de control del sistema implementado por el segundo grupo.

ETAPA 2 - PROTOTIPADO

En la etapa de prototipado se integraron las principales funcionalidades de la prueba de conceptos para llegar a un sistema completo para pruebas de auscultación implementado por un estudiantes de pregrado y postgrado (magister) del Instituto de Electricidad y Electrónica. Este sistema integra el uso de sensores (en lugar de interruptores) para indicar donde está el estetoscopio en el fantomas y generar el sonido por medio de un sistema de audio con bluetooth, como se observa en la Figura 4.a. El uso de la comunicación inalámbrica desde bluetooth, permite que por medio de un computador o smartphone se puedan entregar sonidos asociados a enfermedades o condiciones específicas en el proceso de auscultación.

Figura 4.- a) Estructura del sistema presentado, y b) Circuito desarrollado para el uso de sensores de presión y control del sistema.

A continuación, se describirán en detalle los principales procesos de funcionamiento de este sistema.

A.- Proceso de detección del estetoscopio por el phantomas: este proceso es el encargado de detectar la posición de estetoscopio que indiquen los puntos dónde debería captarse el sonido cardiaco o pulmonar con mayor intensidad. Para lograr esto, se utilizó un Arduino Uno y sensores de presión (FSR406) que tengan el tamaño para cubrir la zona asociado a los 14 puntos de auscultación para el fantomas (delantera y posterior). De este modo, cada sensor está conectado a un Arduino que adquiere información y la entrega a un Raspberry pi 3 (Raspberry, 2017), como se muestra en la Figura 4.b.

B.- Proceso de generación de sonido (Estetoscopio adaptado): cuando el dispositivo Raspberry pi 3 determina el punto de auscultación dado por el estetoscopio, se genera el proceso de generación de sonidos. Para generar el sonido, la Raspberry pi 3 que contiene archivos de audio pregrabados asociados a los puntos de auscultación, se comunica con un sistema de audio bluetooth adaptado. Este sistema de audio está combinado con un estetoscopio para reproducir los sonidos asociados a cada punto permitiendo variar los sonido característicos a la patología seleccionadas por el usuario. En la Figura 5, se muestra el estetoscopio adaptado y el dispositivo integrado. Por último, es importante mencionar que los sonidos entregados por la Raspberry pi 3 al estetoscopio se adquirieron a través de bases de datos del Instituto de Enfermería de la Universidad Austral.

Figura 5.- a) Estetoscopio adaptado; y b) Sistema integrado al estetoscopio.

C.- Empaquetado del circuito electrónico del prototipo: se realizó un proceso de empaquetado para integrar el sistema de audio en el estetoscopio. Para lograr esto, se adaptó un sistema de audio bluetooth y se diseño en Blender (Blender, 2017) una pieza 3D, la cual se imprimió en material *ABS* con un tamaño 11 x 2 x 1.3 cm (Ver Figura 6).

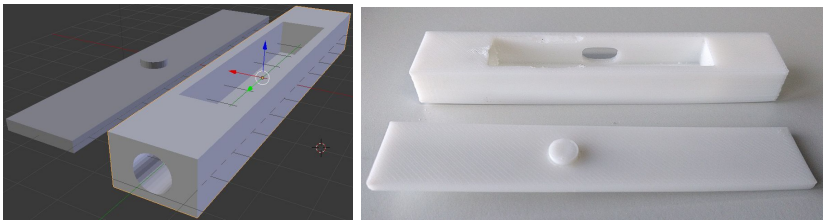

Figura 6.- a) Modelo 3d, y b) Pieza impresa del empaquetado del circuito.

D.- Comunicación del prototipo con diferentes dispositivos: Con el fin de complementar los procesos anteriores, se integraron características asociadas a una interfaz amigable al usuario, que a su vez entrega información acerca de: si la zona del estetoscopio es la correcta para la auscultación, qué sonido se está reproduciendo entre el cardiaco, pulmonar o ambos. Todo esto, mediante un software para PCs y Smartphone, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7.- Detección del estetoscopio por Bluetooth, y Capturas de la aplicación desarrollada para PCs y Smartphones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El prototipo que se comenzó a desarrollar desde el año 2016, basado en requerimientos del Instituto de Enfermería, fue evolucionando y adaptando desde pruebas de conceptos realizadas en un curso (pregrado), hasta un prototipo terminado por un grupo de estudiantes de pre y postgrado de la carrera de Ingeniería Civil Electrónica de la Universidad Austral. Esto, con el apoyo de profesores del Instituto de Enfermería y de Electricidad y Electrónica que guiaron el proceso de forma continua sin intervenir directamente en el desarrollo, con el fin de que los estudiantes logren un aprendizaje de múltiples tecnologías de comunicación, prototipado, adaptación de hardware e integración tecnológica en un enfoque multidisciplinario. Así, los estudiantes pueden cotejar los requerimientos del solicitante, estructurando un presupuesto y entregando una propuesta acorde a los requisitos tanto técnicos, como funcionales del producto final.

El resultado del trabajo se muestra en la Figura 8, que evidencia cómo entregar un objetivo claro, reunir un grupo de estudiantes motivados en innovar y desarrollar productos, pueden entregar resultados satisfactorios para ellos, al tener la oportunidad de aplicar lo aprendido en la malla curricular de la carrera. Esto, nos demostró la importancia de cursos prácticos y como trabajar en soluciones multidisciplinarias, que integren a la carreras de Ingeniería con otras ciencias dentro de la academia en proyectos estudiantiles.

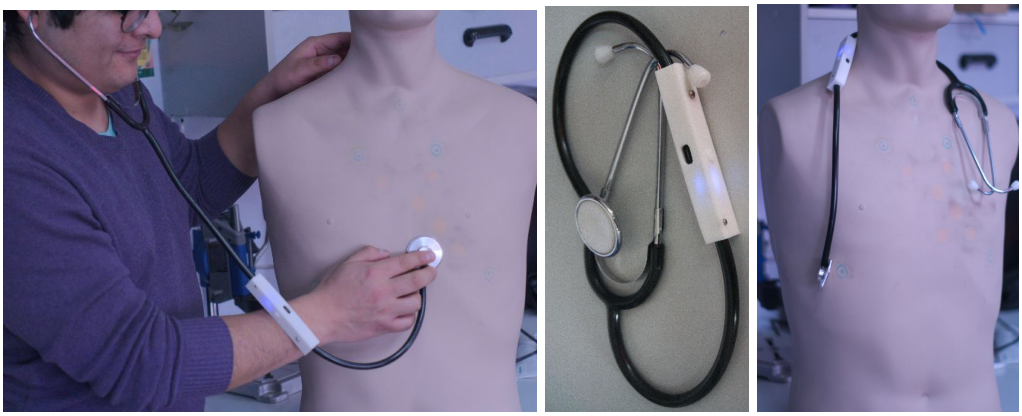

Figura 8.- a) Fantomas con usuarios en pruebas, y b) Estetoscopio y fantomas desarrollado.

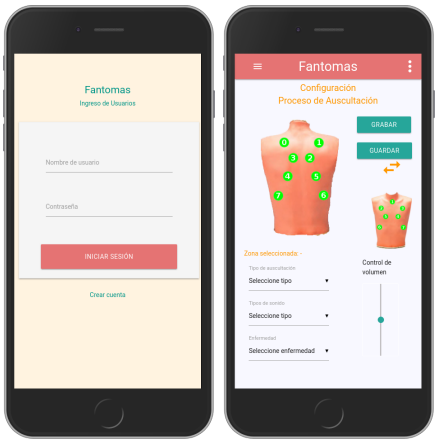

Figura 9.- a) Registro de datos de auscultación por medio de inicio de sesión en cuenta; y b) Imagen de la aplicación con la opción de registrar la información de la experiencia.

Por último, como iniciativa final se está integrando actualmente un sistema de registro de información, el cual fue propuesto por los estudiantes de postgrado del proyecto. Este sistema permite grabar los datos del proceso de auscultación del usuario al fantomas, para que se puedan documentar las experiencias como base para la generación de los informes. Además, el sistema puede funcionar en combinación con un módulo que permite grabar y analizar de forma multimedia (audio y video) las experiencias para determinar asistencia, evaluación, rendimiento

de los grupos y evidencias de desempeño. A continuación, en la Figura 9 se muestra la interfaz para el registro de datos por medio de una sesión privada, y cómo es posible llevar un registro de la experiencia de laboratorio de forma móvil y personal.

CONCLUSIONES

El sistema propuesto demostró cómo se puede mejorar la educación universitaria por medio de experiencias prácticas multidisciplinarias, que entregan soluciones tangibles a problemas planteados y ayuden a los estudiantes a innovar en la creación de prototipos o productos. Con esto, se espera que los estudiantes no sólo puedan calcular, sino también aplicar sus conocimientos e ir mejorando a través del tiempo, utilizando las metodologías enseñadas en el aula, sacando partido a los contenidos pasados en los cursos anteriores de la malla curricular. Este proceso continuo de educación aplicada, y la capacidad de integrar docentes de medicina y enfermería que requieren ciertas condiciones en el desarrollo de este prototipo, dio como resultado una aplicación tecnológica guiada por docentes de múltiples áreas en la búsqueda de una solución concreta e innovadora.

Este tipo de desarrollos, permiten crear un cierto grado de satisfacción en el estudiante, al permitir que cree e implemente de forma libre pero guiada algo a escala real, mejorando la plana percepción (abstracta) que se obtiene muchas veces en la sala de clases acerca de nuevas tecnologías, que no permiten que los jóvenes se interioricen en un tema. Demostrando que existen desafíos que vale la pena tomar y que apoyan su formación como Ingenieros Civiles del siglo 21, capaces de trabajar en todo tipo de disciplinas que requieran el uso de las nuevas tecnologías.

El trabajo futuro se enfoca en implementar un sistema de simulación de movimiento cardiaco y pulmonar, que será una de las funciones finales de este proyecto. Este sistema utilizará actuadores y elementos electrónicos, para representar el movimiento cardiaco de las personas en el fantoma, con el objetivo de aumentar el realismo, la empatía y el nivel de interacción en cada práctica clínica. Para lograr esto, se utilizarán múltiples trabajos en robótica que serán desarrollados por los alumnos de Ingeniería Civil Electrónica sobre este tema en los cursos de la carrera, con el fin de que los mismos estudiantes sean capaces de generar un material innovador, comercial y educativo del más alto nivel para la docencia universitaria y clínica por sus propios medios.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por el Instituto de Electricidad y Electrónica, Escuela de Ingeniería Civil Electrónica y el Instituto de Enfermería de la Universidad Austral de Chile.

REFERENCIAS

Arduino (2017), Plataforma de creación de prototipos electrónicos de código abierto. Disponible en agosto 2017, Website: https://www.arduino.cc/.

Barrios S. et al. (2011), Educación en salud: en la búsqueda de metodologías innovadoras. CIENCIA Y ENFERMERIA XVII. 17(1): 57-69.

Blender (2017), Blender es un software de creación 3D gratuito y de código abierto. Disponible en agosto 2017, Website: https://www.blender.org/.

Corvetto M. et al. (2013). Simulación en educación médica: una sinopsis. Rev. méd. Chile 141(1), 70-79.

De La Horra G.I. (2010), La simulación clínica como herramienta de evaluación de competencias en la formación de enfermería. Rev. Reduca , 2(1), 549-580.

George S. et al. (2014). Experiencia: aceptabilidad del uso de simulación clínica en educación médica: la experiencia del curso Síntesis de Conocimientos en Medicina . Rev. Hosp Clín Univ Chile, 25(1), 54-60.

Gómez M. et al. (2011), La simulación clínica en la formación quirúrgica en el siglo xxi. Cirugía Española, 89(3), 133-135.

Gómez L.M. et al. (2008), Impacto y beneficio de la simulación clínica en el desarrollo de las competencias psicomotoras en anestesia. Rev. Colomb. Anestesiol. 36(2), 93-107.

QT (2017), Qt es un framework multiplataforma para el desarrollo de aplicaciones de software. Disponible en agosto 2017, Website: https://www.qt.io/.

Raspberry (2017), Raspberry pi es una minúscula computadora. Disponible en agosto 2017, Website: https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/.

UACH (2007). Modelo Educacional y Enfoque Curricular, Universidad Austral de Chile. 2007. 11-40. Website: https://www.uach.cl/uach/_file/modelo-educacional-y-enfoque-curricular.pdf

Zhdanov D.S. et al. (2014), Short review of devices for detection of human breath sounds and heart tones. Biology and Medicine, 6(3), 1-7.