

PROPUESTA DE UN DISEÑO PARA UNA HERRAMIENTA HARDWARE-SOFTWARE PARA APOYAR LA REHABILITACIÓN DE NIÑOS CON FIBROSIS PULMONAR

Ing. Giselle Martínez Hernández¹, Dr. José Antonio Montero Valverde²,
M.T.I Rafael Hernández Reyna³ y M.T.I Eloy Cadena Mendoza⁴

Resumen— En este trabajo se muestran avances parciales en el diseño de una herramienta computacional (hardware-software) que tiene como finalidad apoyar la rehabilitación pulmonar de personas que padecen fibrosis pulmonar. Esta herramienta va a ser utilizada por niños del Crit Guerrero que padecen esta enfermedad. Actualmente, la forma de rehabilitación, es decir, aumentar la capacidad pulmonar, consiste en hacer citas y trasladarse al Crit para rehabilitarse a través del uso de un espirómetro, previamente debieron haber sido diagnosticados mediante la espirometría. No existen muchos aparatos disponibles debido a su alto costo. Por lo tanto, el diseño de una herramienta computacional a bajo costo y que permita divertirse a través de videojuegos mientras permite la rehabilitación será de gran apoyo para este sector.

Palabras clave—herramienta computacional, apoyo a rehabilitación, fibrosis pulmonar, espirometría.

Introducción

Las enfermedades respiratorias son unas de las principales causas de mortalidad y morbilidad en el mundo una vez que se suman las agudas y crónicas, así como las infecciosas y las no infecciosas. Este hecho puede intuirse al observar que, en todos los países, varias enfermedades respiratorias aparecen en las primeras 10 causas de enfermedad y muerte en la actual clasificación internacional de enfermedades (CIE-10 o ICD-10, por las siglas en inglés) (OMS, 2019).

En México, el 85% de los enfermos de fibrosis quística mueren sin haber conocido su padecimiento, a menudo confundido por los médicos con males menores, se calcula que en México nacen cada año 300 niños y niñas con esta enfermedad, que convierte los fluidos corporales en esas mucosas que deterioran el organismo a tal velocidad que la esperanza de vida para estos pacientes es de 17 años, aunque esto solo aplica para el 15% de los enfermos que son detectados y cuya atención demanda en promedio, una inversión de 40 mil pesos mensuales, durante toda su vida.

La fibrosis es una proliferación del tejido conectivo fibroso, este proceso es normal durante la formación de la cicatriz para sustituir al tejido que se perdió por traumatismo o una afección, esta llega a los pulmones provocando la fibrosis pulmonar que se puede dividir en fibrosis pulmonar idiopática o en fibrosis quística. La fibrosis idiopática (FPI) es una patología caracterizada por fibrosis pulmonar progresiva e irreversible de etiología desconocida, su incidencia y prevalencia en el mundo es muy variables (Isauro R. Gutierrez V, 2007).

Además, en México tan solo se han registrado 21, 057 defunciones en el año 2016 por enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, las enfermedades respiratorias son comunes en los menores de 5 años. La mayoría de los niños desarrolla de tres a ocho resfriados o problemas respiratorios cada año (OMS, 2019).

Una persona en reposo respira alrededor de 6 litros de aire por minuto. El ejercicio intenso puede incrementar esta cantidad hasta cerca de 75 litros por minuto. Durante un periodo de trabajo de 8 horas, con actividad moderada, la cantidad de aire respirado puede estar alrededor de los 8.5 m³. Habitualmente se piensa que la piel, con su área de superficie de 1.9 m² presenta la mayor exposición al aire que cualquier otra parte del cuerpo. Sin embargo, son en realidad los pulmones quienes tienen la máxima exposición, con un área de superficie expuesta al aire de 28 m² durante la fase de reposo, y de hasta 93 m² durante una respiración profunda (Spriggs, 2004), las enfermedades de cada una de las partes pueden conducir a otra enfermedad o dañar otros órganos vitales. Por ejemplo, la enfermedad inflamatoria causada por la cicatrización del tejido pulmonar se llama Fibrosis Pulmonar,

¹ Ing. Giselle Martínez Hernández es estudiante de la Maestría en Sistemas Computacionales en un programa PNPC en el Instituto Tecnológico de Acapulco, Guerrero. mhgiselle18@gmail.com (autor corresponsal)

² El Dr. José Antonio Montero Valverde es docente de la Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Acapulco, Guerrero. jamontero1@infinitummail.com

³ El M.T.I. Rafael Hernández Reyna es docente de la Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Acapulco, Guerrero. rafaelherandez.reyna@gmail.com

⁴ El M.T.I. Eloy Cadena Mendoza es docente de la Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Acapulco, Guerrero. eloy_cadena@yahoo.com

cuando se habla de fibrosis pulmonar, la mayoría de las personas piensan en la fibrosis quística pulmonar, pero existen otros tipos de fibrosis, como la fibrosis pulmonar idiopática, que es mucho más frecuente y cuya evolución y pronóstico es peor (Gallardo, 2007), para la medición de la capacidad de los mismos existe la espirometría⁵, está puede ser costosa o no, de acuerdo a si el paciente cuenta con un seguro clínico, en caso de que no lo tenga, los precios pueden variar, pero no indican que el espirómetro⁶ esté calibrado, esta podría ser practicada desde casa para aumentar la respiración en los pulmones (DeLisa J., 1993).

Las personas que sufren de estas enfermedades necesitan tener fisioterapia, lo cual consiste en la aplicación de técnicas físicas para curar, prevenir o estabilizar las alteraciones del sistema respiratorio y junto a la rehabilitación pulmonar que consiste en una estrategia de manejo de las enfermedades respiratorias que tiene como objetivo central obtener el mayor potencial en funcionalidad física, emocional y social, ambas son importantes en la inclusión de los pacientes, estas técnicas no sustituyen el tratamiento médico que corresponde, si no que participan de forma conjunta. En el mercado existen diversos aparatos que se utilizan como entrenadores pulmonares y aparatos que miden la capacidad pulmonar, solo que estos son de alto costo y no todos los pacientes cuentan con uno (Szeinberg A., 1987), además de contar con la rehabilitación tradicional muchos estudios indican que los videojuegos favorecen la práctica de actividad física, lo cual la hace una alternativa muy recomendable en la rehabilitación pulmonar en los pacientes jóvenes, estos programas de ejercicio basados en actividades físicas mediante videojuegos activos proporcionan una alternativa destacable que genera motivación e incrementa la adherencia al tratamiento. Por lo tanto, el estudio publicado en la revista "Journal of Cystic Fibrosis" ha demostrado que los jóvenes con fibrosis quística con una función pulmonar conservada pueden realizar ejercicio a intensidades altas, cerca del 75% de frecuencia cardiaca, mediante el uso de videojuegos activos.

Rehabilitación pulmonar

La rehabilitación pulmonar (RP) fue definida por el American College of chest physicians en 1974 como: "el arte de la práctica médica mediante el cual se formula un programa multidisciplinario diseñado individualmente, de tal manera que mediante un diagnóstico preciso, terapia, apoyo emocional y educación, se consigue estabilizar o revertir la fisiopatología⁷ y la psicopatología⁸ de la enfermedad pulmonar y se procura el regreso del paciente a la mayor capacidad funcional posible para su alteración pulmonar y su situación global de vida" (Ries AI, 2007).

Evaluación

Los niños que ingresan a un programa de RP deben cumplir distintas evaluaciones que permitan cuantificar y cualificar el nivel de deterioro que la enfermedad ha producido en ellos, así como también medir los resultados obtenidos con las intervenciones terapéuticas indicadas. Las evaluaciones deben contemplar la objetivación de la función pulmonar y el déficit funcional presente, especialmente, aquellas que impactan la capacidad física para realizar las actividades cotidianas, entre ellas la tolerancia al ejercicio.

Evaluación de la capacidad física

La actividad física y el ejercicio son ampliamente aceptados como parte de las estrategias terapéuticas en el manejo de las enfermedades respiratorias crónicas (ERC) siendo parte fundamental del crecimiento y desarrollo de los niños. Las pruebas de ejercicio entregan información de la reserva funcional de los órganos y sistemas que se involucran en la respuesta al ejercicio, estableciendo sus niveles máximos de capacidad y determinando los mecanismos que limitan la tolerancia al ejercicio que no es posible obtener con las pruebas funcionales en reposo.

Las personas con enfermedades pulmonares crónicas pueden contribuir a mejorar sus síntomas mediante el ejercicio regular.

Videojuegos como terapia

Desde el nacimiento de la informática, los usuarios han tratado de usar el ordenador como instrumento de entretenimiento. En los años 70 del siglo XX los primeros juegos de ordenador eran programas muy simples sin pretensión que la de pasar un rato divertido, pero a medida que la potencia de los juegos de ordenador y que sus

⁵ La espirometría es un estudio indoloro del volumen y ritmo del flujo de aire dentro de los pulmones.

⁶ El espirómetro es un aparato que sirve para medir la capacidad respiratoria.

⁷ Parte de la biología que estudia el funcionamiento de un organismo

⁸ Estudio de las enfermedades, así como de su naturaleza y sus causas.

posibilidades gráficas aumentaban se fueron desarrollando juegos cada vez más complejos y retadores, con mayor nivel de adicción y con más posibilidades de activar la motivación del usuario.

Hoy en día, los videojuegos potencian las funciones cerebrales e innumerables estudios demuestran que estos videojuegos pueden servir como herramientas terapéuticas para la detección, recuperación o prevención de muchas enfermedades pulmonares, cardiovasculares, cerebrales, etc.

El uso de juegos interactivos está aumentando rápidamente en el área de la fisioterapia y medicina deportiva, esta creciente popularidad se debe a la creencia de que jugar Videojuegos Interactivos (VI) durante una sesión de rehabilitación dirige la atención del paciente al videojuego en lugar de pensar en su deterioro. De esta manera, la rehabilitación se realiza en un entorno agradable, lo que puede favorecer que el entrenamiento sea más efectivo, se logre la aptitud y una mayor adherencia al tratamiento rehabilitador (Taylor MJ, 2011). El hecho de utilizar interfaces y sistemas de juego permite que este tipo de programas de rehabilitación sean factibles en la práctica, además de que el costo sea menor, se trata de utilizar la tecnología de una manera fácil de adquirir e instalar en el Crit Guerrero, sin llegar a comprar dispositivos caros. Esta accesibilidad y la facilidad de uso puede facilitar significativamente la rehabilitación de los pacientes, ya que el niño puede hacer uso de manera oportuna y estimulante, favoreciendo su estímulo multisensorial. Los sistemas de juegos en rehabilitación son una gran opción de tratamiento que sabiéndolos dosificar e integrar en las diferentes necesidades de los pacientes pueden ser de gran utilidad.

Descripción del método

El videojuego requiere de componentes físicos y lógicos para alcanzar el objetivo que es ejercitar la capacidad pulmonar del paciente de una forma interactiva, mediante un sensor de presión que proporcione valores al videojuego y este lo muestre con la elevación de una figura animada hasta llegar a la meta.

A continuación, se describen cada una de las etapas de la metodología mostradas en la figura 1 para el desarrollo e implementación del videojuego entrenador de capacidad pulmonar, que va desde los componentes físicos hasta la etapa de interpretación donde se explica el funcionamiento mutuo entre el software y el hardware.

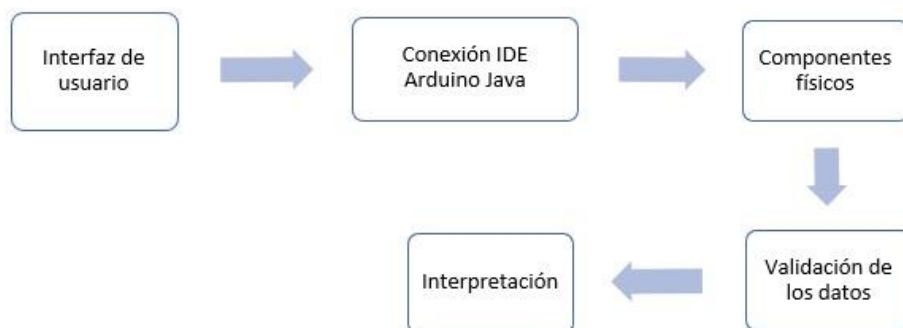


Figura 1 Etapas de la metodología

Interfaz de usuario

En la primera etapa se creará la interfaz del videojuego por lo que se utilizará el lenguaje de programación Java lo cual es beneficioso ya que es orientado a objetos y fue diseñado para tener pocas dependencias de implementación, además se utilizará Netbeans IDE⁹ el cual será el entorno de desarrollo, hecho principalmente para Java, esta plataforma permite que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes de software llamado módulos. Un módulo es un archivo Java que contiene clases de Java escritas para interactuar con las APIs¹⁰ de Netbeans y un archivo especial llamado manifest file que lo identifica como módulo.

⁹ IDE (Integrated Development Environment), es una aplicación que proporciona servicios integrales al desarrollador.

¹⁰ API (Application Programming Interface), es un conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción

Las aplicaciones construidas a partir de módulos pueden ser extendidas agregándole nuevos módulos. Debido a que los módulos pueden ser desarrollados independientemente, las aplicaciones basadas en la plataforma Netbeans pueden ser extendidas fácilmente por otros desarrolladores de software.

El Netbeans IDE soporta el desarrollo de todos los tipos de aplicación Java (J2SE, web, EJB y aplicaciones móviles). Entre sus características se encuentra un sistema de proyectos basado en Ant, control de versiones y refactoring.

Componentes físicos

El hardware corresponde a todas las partes físicas y tangibles de una computadora, son componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos, mecánicos y cualquier otro elemento físico involucrado. Una de las formas de clasificar el Hardware es en dos categorías: por un lado, el "básico", que abarca el conjunto de componentes indispensables necesarios para otorgar la funcionalidad mínima a una computadora, y, por otro lado, el Hardware "complementario", que, como su nombre lo indica, es el utilizado para realizar funciones específicas (más allá de las básicas), no estrictamente necesarias para el funcionamiento de la computadora.

A continuación, en la tabla 1 se muestra los componentes físicos que tendrá el proyecto



Componente	Descripción
 <p>Arduino Mega 2560</p>	<p>La placa de Arduino se encarga de recibir la información del sensor para después transmitirla a la computadora y se interpreten estos datos.</p>
 <p>Sensor MPX5100</p>	<p>Sensor de presión diferencial, que recibe la presión del aire ejercida por el usuario y se conecta al Arduino, para esto se utilizará un protoboard para establecer la dicha conexión.</p>

Tabla 1 componentes físicos

Componentes lógicos (conexión IDE Arduino Java)

En esta etapa se mencionarán los componentes lógicos que componen la aplicación se utilizaron los siguientes que se muestran en la figura 2: a) Arduino IDE este se utilizara para recibir los datos del sensor que después conectara con Java. b) Java este lenguaje de programación en el cual se desarrolla la aplicación y se conecta con Arduino. c) Netbeans es el entorno para el desarrollo de la aplicación, permite el uso de un amplio rango de tecnologías de desarrollo para la aplicación. d) y finalmente, se mostrarán los resultados de manera gráfica reflejada en el videojuego para ejercitar la capacidad pulmonar de los pacientes y estos resultados serán guardados en una bitácora en formato .text para ir visualizando la mejoría de la rehabilitación.

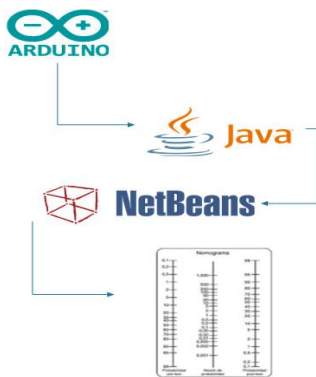


Figura 2 componentes lógicos del proyecto

Validación de los datos

La presión que recibe el sensor no debe mostrar alteraciones provenientes de terceros. Resulta por tanto necesario elaborar una política de seguridad que ayude a definir los procedimientos válidos para los diferentes aspectos funcionales a considerar.

Interpretación de los datos

Los datos obtenidos del sensor de presión son recibidos por el arduino mediante una entrada analógica¹¹ (A0), estos datos son medidos en kilo pascales por el sensor que van de 0 a 100kPa, de los cuales se tomara un rango de 40 a 10 kPa.

Una vez realizado esto, mediante la programación en arduino se capturará y escribirá los valores que arroje el sensor en enteros (int) para después ser enviados a Java para su interpretación. Se utilizará una librería que convierte los valores recibidos en enteros a tipo texto (string) y verificará que no sea nulo (null) y que se encuentren dentro del rango.

Después se utilizará un método que convertirá el string a int siempre y cuando el valor no sea nulo (null) con el fin de poder graficar los datos.

El videojuego tendrá un sistema de coordenadas, en donde X será el movimiento del personaje que se impulsara hacia adelante hasta llegar a la meta, Y será lo que hará elevar el personaje reuniendo monedas distribuidas en el escenario, estos datos se incrementaran automáticamente, los valores de X realizaran su tarea mediante hilos (thread) cada 80 milisegundos, esto hará avanzar al jugador hacia adelante. Para el caso de Y se trabajará con los datos enviados por el sensor de presión también utilizando el proceso de hilos que obtiene valores cada 1000 milisegundos haciendo elevar o descender la figura por medio de la propiedad de setLocation (x, y) cada 80 milisegundos.

Para que al final podamos contar con una bitácora donde se lleve un registro de la capacidad pulmonar de los pacientes del Crit Guerrero al inicio de su rehabilitación, hasta el final de la rehabilitación, este registro deberá ser modificado en cuestión del tiempo por la terapeuta responsable, esta se encargara de decidir si la bitácora sera semanal o mensual para poder visualizar si aumenta o sigue igual la frecuencia respiratoria del paciente, como se puede visualizar en la figura 3.

¹¹ Una señal eléctrica analógica es aquella en la que los valores de la tensión o voltaje varían constantemente y pueden tomar cualquier valor.

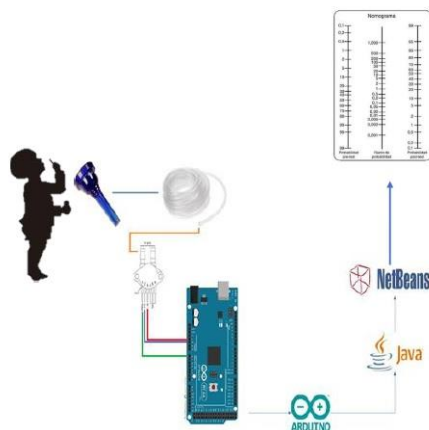


Figura 3 interpretación de los datos

Comentarios Finales

Conclusiones

En este artículo, se describió las etapas del desarrollo de una herramienta software-hardware para apoyar a la rehabilitación de niños con fibrosis pulmonar ya que se mejora la tolerancia al ejercicio y la calidad de vida relacionada con la salud, en el mercado ya existen diferentes entrenadores o herramientas que ayuden al diagnóstico de la función pulmonar ya sea por espirómetros digitales, inspirómetros, el hacer ejercicio, videojuegos en donde permitan al usuario realizar movimientos físicos, etc.

Al practicar alguna actividad física o practicar algún deporte es lo mismo que utilizar un entrenador pulmonar, es decir si la actividad es continua se verán reflejados resultados favorables para los pacientes aumentando considerablemente su capacidad.

Trabajos a futuro

En este artículo se analiza la metodología que se ocupara para el desarrollo de un entrenador pulmonar, las etapas que comprenden ayudarán a tener un entrenador pulmonar a bajo costo y la manera de ser interactivo llamará la atención de los pacientes, mejorando su rehabilitación respiratoria junto a la fisioterapia correspondiente, por lo que en un futuro podría tener varias interfaces, distintos personajes para que los pacientes disfruten de su rehabilitación, y se podría agregar un medidor que haga la función de un espirómetro tradicional para ir visualizando su mejoría.

Referencias

- DeLisa J., B. J. (1993). *Rehabilitacion of the patient with respiratory dysfunction*. Philadelphia.
- Gallardo, H. P. (2007). Rehabilitación respiratoria en pediatría. *Neumol Pediat*.
- Isauro R. Gutierrez V, A. D. (2007). *Medicina de Urgencias. Principales problemas clínicos y su tratamiento basado en la evidencia*. Medica Panamericana.
- OMS. (19 de Junio de 2019). *Organizacion Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Ries AI, B. G. (Mayo de 2007). *PubMed.gov*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17494825>
- Spriggs, E. (2004). *Acondicionamiento y Rehabilitación mediante el Ejercicio*. Elsevier.
- Szeinberg A., M. (1987). *Valores normales de presiones inspiratorias y espiratorias máximas con aparatos portátiles en niños, adolescentes y adultos jóvenes*. *Pediatr Pulmonol*.
- Taylor MJ, M. D. (2011). Activity-promoting gaming systems in exercise and rehabilitation. *J Rehabil Res Dev*.