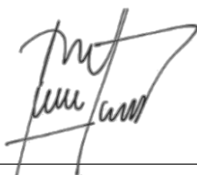


Software integrado a un dispositivo para expansión pulmonar en pacientes con COVID-19

Diana Carolina Muñoz Hurtado

Nota de Aceptación

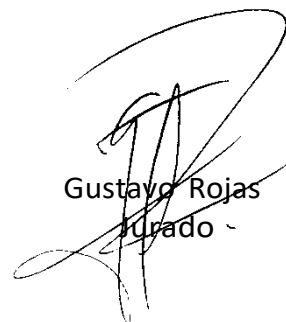
Certificamos que el presente Trabajo de Grado Satisface, en alcances y calidad, todos los requisitos que demanda un Trabajo de Grado de Maestría.



Juan Carlos Martínez Arias
Director

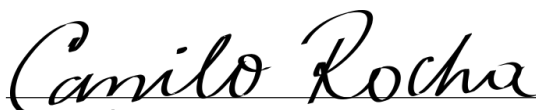


Eugenio Tamura
Jurado

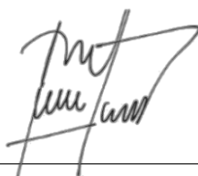


Gustavo Rojas
Jurado

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali, para optar el título de Magíster en Ingeniería de Software.



Hernán Camilo Rocha Niño Ph.D.
Decano de Facultad de Ingeniería y Ciencias



Juan Carlos Martínez Arias
Director de Postgrados de Ingeniería y Ciencias

Santiago de Cali, 04 de Octubre 2022

Santiago de Cali, 04 de Octubre 2022

Autor: Diana Carolina Muñoz Hurtado

Título de Trabajo de grado: "Software integrado a un inspirómetro para expansión pulmonar en pacientes con COVID-19"

Director: Juan Carlos Martínez Arias

Como indica el artículo 2.13 de las Directrices para Trabajo de Grado de Maestría, he verificado que el estudiante indicado arriba ha implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Trabajo de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Evaluación correspondiente.



Firma del Director Trabajo de Grado

Santiago de Cali, 24 de Agosto 2022

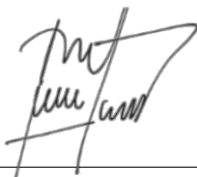
Señores
Pontificia Universidad Javeriana de Cali
Dra. Luisa Fernanda Rincón
Directora de Maestría en Ingeniería de Software

Asunto: Presentación de Proyecto de Grado

Cordial Saludo

Por medio de la presente me permito informarle que la estudiante Diana Carolina Muñoz Hurtado con el código 0198759, trabajó bajo mi dirección en el proyecto de grado "Software integrado a un inspirómetro para expansión pulmonar en pacientes con COVID-19" y que este se encuentra terminado y listo para sustentación.

Atentamente,



Juan Carlos Martínez Arias
Director Trabajo de Grado

Santiago de Cali, 24 de Agosto 2022

Señores

Dra. Luisa Fernanda Rincón
Directora de Maestría en Ingeniería de Software
Pontificia Universidad Javeriana de Cali

Cordial Saludo,

Por medio de la presente, me permito presentar el trabajo de grado "Software integrado a un inspirómetro para expansión pulmonar en pacientes con COVID-19", con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la universidad para optar por el título de Maestría en Ingeniería de Software.

Atentamente,

Diana C. Muñoz

Diana Carolina Muñoz Hurtado
Código:0198759

**Maestría en Ingeniería de Software
Facultad de Ingeniería y Ciencias**

**FICHA RESUMEN
TRABAJO DE GRADO DE MAESTRÍA**

TÍTULO: Software integrado a un dispositivo para expansión pulmonar en pacientes con COVID-19

1. ÉNFASIS: Ingeniería de Software
2. ÁREA DE INVESTIGACIÓN: Software orientado a servicios web
3. ESTUDIANTE: Diana Carolina Muñoz Hurtado
4. CORREO ELECTRÓNICO: dmunoz@javerianacali.edu.co
5. DIRECTOR: Juan Carlos Martínez Arias
6. CO-DIRECTORES(ES): N/A
7. GRUPO QUE LO AVALA: N/A
8. OTROS GRUPOS: N/A
9. PALABRAS CLAVE: telemedicina, fisioterapeuta, prescripciones de fisioterapia respiratoria, pacientes, inspirómetro, servicios web, comunicación API.
10. FECHA DE INICIO: Febrero de 2021
13. DURACIÓN ESTIMADA : 16 meses



**SOFTWARE INTEGRADO A UN INSPIRÓMETRO PARA EXPANSIÓN PULMONAR
EN PACIENTES CON COVID-19**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
Magíster en Ingeniería de Software

Diana Carolina Muñoz Hurtado

Director
Juan Carlos Martínez Arias

**Maestría en Ingeniería de Software
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Pontificia Universidad Javeriana - Cali**

Agosto 2022

Agradecimientos

Quisiera aprovechar esta oportunidad para agradecer a mi director, Juan Carlos Martínez por guiarme y apoyarme en el proceso de investigación y ejecución del trabajo de grado. Además, agradecer el apoyo recibido por el equipo de investigación del proyecto *"Sistema incentivo respiratorio para expansión pulmonar en pacientes con COVID-19"* y a la Pontificia Universidad Javeriana Cali por permitirme la participación en la convocatoria de este proyecto para Min-ciencias.

Resumen

Uno de los principales objetivos de la fisioterapia respiratoria es conseguir una mejoría de los síntomas en función de la oxigenación pulmonar, actualmente la pandemia del COVID-19 y sus variantes son un reto para los fisioterapeutas, pues es necesario responder en cada momento, las necesidades de salud de cada uno de los individuos [1].

Se identificó, por lo tanto, la necesidad de atención remota para pacientes con COVID-19, especialmente para aquellos que se están recuperando de esta enfermedad, atención médica que pueda ser guiada con los mismos estándares de una asistencia presencial, y que mediante una plataforma digital se manejen los servicios identificados en un estudio detenido y detallado de una fisioterapia respiratoria como se realiza en este trabajo de grado.

En los primeros cinco capítulos se introduce el tema de investigación en el que se basa el trabajo de grado de maestría junto con sus objetivos, alcances, y marco de referencia, además de explicar la importancia de llevar a cabo esta investigación; en el sexto capítulo se presenta el marco de referencia que le da soporte a la investigación, seguido del capítulo séptimo donde se presenta la metodología de investigación que nos permite definir los requerimientos y atributos de calidad del sistema software, en el octavo capítulo se presenta el proceso de ingeniería de software donde se desarrollan y se priorizan los requerimientos del sistema, soportando con definiciones y análisis, así mismo, se especifican los pasos para la elicitación de requerimientos; en el noveno capítulo se presentan la arquitectura del sistema general y el sistema web que se desarrolló y se especifica cada uno de los niveles de diseño que cumplen con los requerimientos establecidos; en el décimo capítulo se explican las tecnologías de implementación que posibilitó la comunicación del sistema de software integrado a un inspirómetro, centrándonos con la explicación de los servicios API que se necesitaron; el onceavo capítulo presenta el modelo de aplicación web y todas las características de la interfaz de usuario desarrollada donde se evidencian también los resultados obtenidos después de la comunicación del sistema integrado, como también las fuentes de código que soportan esta implementación y por último se presentan las conclusiones, trabajos futuros y anexos con el fin de dar continuidad a la investigación y lograr la aplicación de la misma.

Abstract

One of the main objectives of respiratory physiotherapy is to achieve an improvement of symptoms according to pulmonary oxygenation, currently the pandemic of COVID-19 and its variants are a challenge for physiotherapists.

The need for remote care for patients with COVID-19 was identified, especially for those who are recovering from this disease, medical care that can be guided with the same standards of a face-to-face assistance, and that through a digital platform the services identified and detailed study of a respiratory physiotherapy as performed in this work.

The first five chapters introduce the research topic on which the master's degree work is based along with its objectives, scope, and frame of reference, in addition to explaining the importance of carrying out this research; in the sixth chapter the reference framework that supports the research is presented, followed by the seventh chapter where the research methodology that allows us to define the requirements and quality attributes of the software system is presented, in the eighth chapter the software engineering process is presented where the system requirements are developed and prioritized, supported with definitions and analysis, likewise, the steps for the elicitation of requirements are specified; the ninth chapter presents the architecture of the general system and the web system that was developed and specifies each of the design levels that meets the established requirements; the tenth chapter explains the implementation technologies that made possible the communication of the software system integrated to an spirometer, focusing on the explanation of the API services that were needed; the eleventh chapter presents the web application model and all the characteristics of the developed user interface where the results obtained after the communication of the integrated system are also evidenced, as well as the code sources that support this implementation and finally the conclusions, future works and annexes are presented in order to give continuity to the research and achieve the application of the same.

Índice

Página

1. Glosario	
2. Introducción	
3. Planteamiento del Problema	2
4. Antecedentes	4
5. Objetivos del Proyecto	6
5.1. Objetivos Específicos	6
5.2. Alcances.....	6
6. Marco de Referencia	7
6.1. Marco Conceptual.....	7
6.1.1. Teleconsulta	7
6.1.2. Inspirómetro	7
6.1.3. Incentivo respiratorio	7
6.1.4. Proceso de espirometría.....	8
6.1.5. Teoría de solución de problemas inventivos (TRIZ)	8
6.2. Marco Teórico	8
6.2.1. Fisioterapia respiratoria	8
6.2.2. Sesión de fisioterapia	10
6.2.3. Capacidad vital	11

6.2.4. Visualización de datos espirométricos	11
6.2.5. Prescripción	13
7. Metodología de la Investigación	14
7.1. Sistema Presente.....	14
7.2. Sistema Pasado	15
7.3. Sistema Futuro	16
8. Proceso de Ingeniería de Software	17
8.1. Definición de Requerimientos del Sistema	17
8.1.1. Diagrama de contexto.....	17
8.1.2. Diagrama de casos de uso	18
8.1.3. Diagrama de flujo general de la aplicación web	18
8.1.4. Técnicas de obtención de requerimientos	20
8.1.5. Definición de requerimientos funcionales	20
8.1.6. Definición de requerimientos de calidad	22
8.1.7. Definición de requerimientos tipo restricción	22
8.1.8. Especificación y priorización de requerimientos	22
9. Arquitectura del sistema	32
9.1. Arquitectura de Referencia.....	32
9.2. Definición de Arquitectura para Sistema Web	33
9.2.1. Diagrama contexto del sistema	33
9.2.2. Diagrama de contenedores.....	33
9.2.3. Diagrama de componentes	34

9.2.4. Modelo de bases de datos.....	35
10.Tecnologías de Implementación	37
10.1. API	38
10.1.1. Comunicación local entre aplicación Web y API	38
10.2. Servidor Virtual	42
10.3. Comunicación online entre aplicacion Web y API	43
11.Aplicación Web	47
11.1. Funciones de React.....	47
11.2. Prototipo Funcional del Sistema Web.....	47
11.2.1. Inicio de sesión para usuarios	47
11.2.2. Lista de usuarios.....	48
11.2.3. Información de pacientes	50
11.2.4. Visualización de resultados	51
11.3. Pruebas del sistema web	52
11.3.1. Prueba de validación de envío de datos por paciente	52
11.3.2. Prueba de validación de conexión envío de datos por paciente con el sistema móvil	56
11.3.3. Prueba de validación de resultados y gráficas	58
11.3.4. Prueba de validación de resultados con personas adultas sin alteración de la función pulmonar	60
11.4. Código	63
12.Conclusiones y Recomendaciones	64
13.Trabajos Futuros	65

14.Anexos

14.1. Prototipo Inicial del Sistema Web.....69

Índice de figuras

1.	Proceso de manejo de pacientes y usuarios. <i>Guía para la práctica fisioterapéutica</i> [2].	9
2.	Medidas estándar de volumen pulmonar [3].	10
3.	Curva de volumen vs. tiempo [4].	12
4.	Curva de flujo vs. volumen [4].	12
5.	Ejemplo de prescripción [5].	13
6.	Diagrama de nueve ventanas de metodología TRIZ [6].	14
7.	Diagrama de contexto de sistema software de inspirómetro.	17
8.	Diagrama de casos de uso para aplicación web	18
9.	Diagrama de flujo general para sistema web	19
10.	Arquitectura de referencia.	32
11.	Diagrama contexto del sistema de fisioterapia respiratoria.	33
12.	Diagrama de contenedores del sistema de fisioterapia respiratoria	34
13.	Diagrama de componentes del sistema de fisioterapia respiratoria	35
14.	Modelo de Base de datos del sistema de fisioterapia respiratoria	36
15.	Arquitectura de aplicación web	37
16.	Arquitectura de despliegue del sistema web	38
17.	Petición HTTP post en Postman de autenticación de usuario paciente	39
18.	Petición GET en Postman para ver todos los usuarios	39
19.	Petición POST en Postman para ver prescripción de paciente	40
20.	Petición POST en Postman para cargar un resultado de un paciente	40
21.	Petición GET en Postman para ver todos los resultados	41
22.	Petición POST en Postman para cargar todos los resultados	41

23.	Creación de instancias en AWS	42
24.	Vinculación IP estática	42
25.	Instancia para el proyecto de software de fisioterapia.....	43
26.	Petición http post en Postman de autenticación de usuario	43
27.	Petición get en Postman para ver todos los usuarios	44
28.	Petición post en Postman para ver prescripción de paciente	44
29.	Petición post en Postman para la creación de un paciente	45
30.	Petición post en Postman para cargar un resultado de un paciente	45
31.	Petición post en Postman para cargar todos los resultados	46
32.	Configuración en mongo entre el id de usuario y ejercicio	46
33.	Inicio de sesión	48
34.	Lista de pacientes.....	48
35.	Registro de pacientes	49
36.	Datos del paciente	50
37.	Registrar una prescripción	50
38.	Prescripción asignada a un paciente	51
39.	Ejemplo de cálculo de los datos de volumen	51
40.	Visualización de flujo respiratorio	52
41.	Validación de usuarios en base de datos	53
42.	Validación de ejercicios en base de datos	53
43.	Validación de envío de datos	54
44.	Validación de carga de resultados	54
45.	Validación de datos en servidor web	55

46.	Validación de usuarios en aplicación web	55
47.	Validación de datos de prescripción	56
48.	Validación de resultados	56
49.	Inicio de fisioterapia desde sistema móvil	57
50.	Estructura de envío de datos desde sistema móvil	57
51.	Evidencia de resultados desde el sistema móvil	58
52.	Evidencia de resultados en el servidor.....	58
53.	Evidencia de resultados con error y desfase	59
54.	Evidencia de resultados con desfase resuelto	59
55.	Datos registrados paciente Elizabeth.....	60
56.	Prescripción para Elizabeth	60
57.	Resultados para Elizabeth.....	61
58.	Datos registrados paciente Melissa	61
59.	Prescripciones para Melissa	62
60.	Resultados para Melissa	62
61.	Login.....	69
62.	Menú principal	69
63.	Lista de pacientes.....	70
64.	Modelo de paciente 1	70
65.	Modelo de prescripción	71
66.	Modelo de asignar prescripción	71
67.	Modelo de registro de fecha.....	72
68.	Modelo de Evolución del Paciente	72

1. Glosario

- **API:** Interfaz de programación de aplicaciones, es un software intermediario con capacidad de comunicación entre dos sistemas de software [7].
- **Apnea:** Pausa respiratoria.
- **Capacidad Vital:** Es la suma del volumen corriente y los volúmenes de reserva espiratoria e inspiratoria [8].
- **Capacidad Inspiratoria:** Volumen de gas que puede ser introducido en el pulmón con un esfuerzo inspiratorio máximo tras una espiración máxima lenta [8].
- **Capacidad Pulmonar:** Abarca el volumen corriente, el volumen de reserva inspiratorio, el volumen de reserva espiratorio y el volumen residual. Es el máximo volumen de gas que pueden contener los pulmones [8].
- **Capacidad Residual Funcional:** Es el volumen de gas que queda en el pulmón luego de una espiración normal [8].
- **Diagnóstico Médico:** Diagnóstico basado en información de fuentes tales como hallazgos de un examen físico, entrevista con el paciente o su familia o ambos, historial médico del paciente y su familia, y hallazgos clínicos según lo informado por pruebas de laboratorio y estudios radiológicos [9].
- **Espirometría:** Es un estudio indoloro del volumen y ritmo del flujo del aire dentro de los pulmones.
- **Espirometría de incentivo:** Se encarga de imitar el suspiro natural al alentar a los pacientes a respirar lenta y profundamente.
- **Evaluación Médica:** El propósito de la evaluación es determinar si se han cumplido los criterios de resultado y cómo se podría mejorar la atención al paciente [9].
- **Flujo Inspiratorio:** Es una medida que se obtiene mediante la espirometría forzada [10].
- **Frecuencia Respiratoria:** Número de respiraciones que realiza un ser vivo en un periodo específico [11].
- **Incentivo Respiratorio:** Dispositivo para ejercitar los músculos inspiratorios estimulando una respiración profunda y controlada para expandir y llenar los pulmones de aire.
- **Modelo de Arquitectura C4:** Consiste en un conjunto jerárquico de diagramas de arquitectura de software para el contexto del sistema software donde se definen los contenedores y los componentes [12].
- **Prescripción:** Se define como la acción de administrar medicamentos, realizar procedimientos médicos o actos quirúrgicos de acuerdo con normas, reglas o estrategias, criterios y lineamientos que hagan coherente la solución de los problemas del paciente con los conocimientos médicos” [13].

- **Saturación de Oxígeno:** La saturación de oxígeno, es la cantidad de oxígeno en porcentaje unido a la hemoglobina en los glóbulos rojos [14].
- **Terapeuta Respiratorio:** Un profesional de rehabilitación que promueve una salud óptima mediante la aplicación de principios científicos para prevenir, identificar, evaluar, corregir o aliviar pacientes que sufren de problemas y afecciones cardio-pulmonares o respiratorios agudos o crónicos [9].
- **Volumen Espiratorio Forzado:** Indica la cantidad de aire que se puede exhalar en seis segundos a partir de una inhalación profunda [15].
- **Volumen Respiratorio:** Cantidad de aire inhalado, exhalado y almacenado dentro de los pulmones en un momento dado [16].
- **Volumen Respiratorio Forzado:** Medida de la cantidad de aire que se puede exhalar en un segundo después de una inhalación profunda [15].

2. Introducción

El nuevo coronavirus SARS-CoV-2, que provocó la enfermedad del COVID-19, y registró cerca de 62,4 millones de casos en el mundo de los cuales los países con la mayor proporción fueron Estados Unidos y la India con un 20.25 % y 16.83 % respectivamente desde noviembre de 2020 [17], provocó enfermedades respiratorias graves y muertes en todo el mundo [18] razón por la cual la Organización Mundial de la Salud (OMS) y médicos alrededor del mundo lograron establecer un programa de inmunización que con acuerdos entre compañías consiguieron que para el 2021 hubieran vacunas suficientes para la población adulta en todo el mundo [19].

En el año 2020 el gobierno de Colombia decretó un periodo de aislamiento social y confinamiento obligatorio en el territorio nacional, periodo que fue extendiéndose a medida que se propagó la enfermedad de COVID-19. La OMS solicitó a los países la adopción de las medidas necesarias para detener la transmisión y prevenir la propagación del virus, por lo cual se declaró estado de emergencia económica, social y ecológica en todo el territorio nacional.

El sector de la salud en Colombia se enfrentó inicialmente a los retos de la pandemia, a la necesidad de adaptar modelos de telemedicina requerido por el Ministerio de Salud con el fin de facilitar el acceso a los servicios de salud, para ello la implementación de plataformas digitales con estándares básicos que permitan el diagnóstico y seguimiento del paciente, que fueron fuertemente demandadas mediante el plan de transformación digital [20].

El COVID-19 es una enfermedad infecciosa que puede causar importantes disfunciones respiratorias y físicas a corto y largo plazo que requieren la aplicación de técnicas de rehabilitación adaptadas a la necesidad de cada paciente [21]. Actualmente en Colombia, la atención médica no tiene tratamientos específicos para COVID-19 dentro de la telemedicina, el país no ha alcanzado un desarrollo significativo en estas nuevas tecnologías debido a que no todas las personas y los grupos de trabajo disponen de las herramientas digitales necesarias para cumplir con las actividades requeridas.

La concepción de proyectos en telemedicina es un desafío con un buen futuro en Colombia, el Ministerio de Salud y Protección social ha establecido disposiciones para la telesalud y parámetros para la práctica de la telemedicina facilitando el acceso y la prestación de servicios de salud en cualquiera de sus fases (promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación) [5].

Dado que la integración de sistemas de telemedicina y la penetración de la red inalámbrica han tenido un desarrollo significativo en diferentes países donde se ha evidenciado un uso exponencial de estos sistemas durante la crisis del COVID-19 [22], se presenta una oportunidad de aplicar tecnologías de comunicación (TIC) en el sistema general de salud colombiano, para lo cual es necesario desarrollar productos de apoyo para fortalecer directamente el área, pues la asistencia médica virtual durante la pandemia es una forma segura y efectiva de evaluar, guiando el diagnóstico y el tratamiento de un paciente, minimizando entonces, el riesgo de transmisión de la enfermedad.

En este proyecto de grado se desarrolló un sistema web que se integró a un inspirómetro

electrónico, especialmente para dar asistencia de fisioterapia respiratoria para personas que se están recuperando de COVID-19, este proyecto se planteó en conjunto con un equipo de trabajo conformado por personas de diferentes áreas de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, como la ingeniería electrónica, las ciencias de la salud, el diseño industrial y el área de ingeniería de software donde se enfocó el funcionamiento del producto y la comunicación entre las partes interesadas, es decir, el especialista y el paciente.

3. Planteamiento del Problema

La telemedicina está en etapas tempranas en Colombia y Latinoamérica. Según el panorama en Colombia, el número de sedes y servicios habilitados por cada una de las especialidades bajo esta modalidad evidencia que menos del 1% de las consultas médicas son realizadas de manera remota [23]. La regulación de la telemedicina en Colombia pone en práctica una serie de definiciones y disposiciones sobre su implementación que van de la mano con las tecnologías de la información y telecomunicaciones, teniendo principalmente finalidades diagnósticas, terapéuticas y educativas [24].

Con el desencadenamiento de la pandemia del COVID-19 en marzo de 2020 y la aceptación de la telemedicina como principal alternativa para dar apoyo en los centros de salud, se iniciaron investigaciones y construcción de proyectos que ayudarían a disminuir tanto la propagación del virus como el soporte a la alta demanda de consultas presenciales a los que el país está afrontado, con ello permitir, que más personas tengan acceso a los servicios de salud. La infección de COVID-19 trae consigo dificultad respiratoria aguda y por ende la necesidad de que un paciente infectado requiera fisioterapia de re-expansión pulmonar.

El covid-19 tiene una alta tasa de infección que está asociada con el desencadenamiento del síndrome de dificultad respiratoria aguda el cual está definido por un inicio agudo de edema pulmonar no cardiogénico, hipoxemia y la necesidad de ventilación mecánica [25]. Aproximadamente el 30% de las personas que superan el covid-19 quedan con insuficiencia de capacidad pulmonar que requiere fisioterapia de re-expansión pulmonar [26]. Los procedimientos actuales para la realización de la fisioterapia requieren del acompañamiento de un terapeuta respiratorio y la evaluación del progreso del paciente de manera cualitativa a partir del desempeño en la fisioterapia local.

Para intervenir en la disminución de la capacidad pulmonar, los terapeutas respiratorios disponen de técnicas de re-expansión pulmonar, las cuales incluyen entre otras el uso de un sistema respiratorio inspirómetro, el cual es uno de los recursos instrumentales más usados en estos procedimientos. Un incentivo respiratorio inspirómetro es un sistema que permite determinar el flujo o el volumen de aire inspirado y brinda información al paciente sobre su magnitud. [27] [28]

Para el tratamiento se requiere también del aislamiento del paciente y también del cuidado del personal de salud, sin dejar de atender al paciente para su recuperación. Esta paradójica situación lleva a la necesidad de diseñar un producto que pueda ser manejado de manera autónoma por el paciente y que permita la comunicación remota con el terapeuta respiratorio.

En la Pontificia Universidad Javeriana Cali se realizó un proyecto que tiene en cuenta principalmente los tratamientos que necesita una persona infectada por COVID-19, dichos tratamientos van dirigidos por un fisioterapeuta quien evalúa la actividad respiratoria de un paciente de manera remota, este proyecto tiene como resultado final la integración de un sistema software y hardware [29], este sistema, se trata de un dispositivo electrónico para validar la actividad respiratoria de un paciente, específicamente un inspirómetro incentivo, conocido como un instrumento que mide la profundidad en la que un paciente puede inhalar. Por lo tanto, nace la

necesidad de diseñar un producto software para ser integrado con este dispositivo electrónico que permita validar los datos que registre el paciente durante una fisioterapia y así poder prestar los servicios de salud requeridos, con esta integración, el dispositivo debe permitir que se pueda manejar de manera autónoma por una persona que necesite estar en aislamiento y que requiera mantener una constante comunicación con el personal de salud.

En este sentido, la necesidad que el software esté en línea o en comunicación con el dispositivo para que el paciente y el especialista de la fisioterapia respiratoria pueda observar y validar el proceso que esta realizando con el dispositivo mientras realiza la fisioterapia adecuadamente.

4. Antecedentes

En la literatura es posible encontrar amplia información acerca de fisioterapias respiratorias basadas en juegos que se utilizan en los procesos de recuperación de pacientes y como favorecen su mayor disposición, atención y vinculación a un tratamiento. La revisión de patentes de inspirómetro, junto con las necesidades de los usuarios, paciente y terapeuta, se convierten en un insumo esencial para el diseño de un nuevo producto con el equipo interdisciplinario. Para los últimos cinco años se encontraron más de diez patentes asociadas con la espirometría, algunas orientadas a la instrumentación y a la realización de la fisioterapia, a continuación se describen las patentes que aportan a los objetivos del proyecto.

Los dispositivos de espirometría investigados utilizan la recopilación de datos para mejorar la eficacia del plan de tratamiento respiratorio. Incluyen una pantalla electrónica para proporcionar instrucciones a un paciente y mostrar datos medidos, también se realizan una retroalimentación basada en los datos que se proporciona al paciente para facilitar el cumplimiento de un plan de tratamiento prescrito por el terapeuta respiratorio y también se brinda una estación de monitoreo. Estas patentes explican la importancia de utilizar técnicas de juego en el dispositivo para mantener a los pacientes interesados en realizar sus ejercicios como por ejemplo las alertas automáticas que recuerdan a los pacientes cuándo deben realizar un ejercicio, aprovechando los atributos de los sensores que realizan un seguimiento y detección paso a paso junto con adaptadores que puede utilizarse como controlador de juego y los ejercicios de respiración del paciente que se utilizan para realizar ciertas tareas dentro del juego, con ello incentivando a los pacientes a seguir una fisioterapia prescrita y recopilar datos para informar el cumplimiento y la eficacia del tratamiento [30].

- Robert Shane LUTTRELL inventor del Instrumento de fisioterapia respiratoria que ofrece incentivos basados en juegos, capacitación y recolección de telemetría (2019), incluye un instrumento de fisioterapia respiratoria que proporciona una plataforma de telesalud para el cuidado pulmonar que utiliza sensores de presión adaptados para detectar datos de flujo pulmonar y una placa de circuito adaptada también al cuerpo del paciente. La placa de circuito está configurada para transmitir datos, incluidos los datos del flujo pulmonar recopilados, de forma inalámbrica a un dispositivo informático. Los datos de flujo pulmonar recopilados se utilizan en el juego para un incentivo. Dentro del juego, se utilizan comentarios en tiempo real para guiar cada ejercicio. Los videos de entrenamiento incluidos en el juego instruyen al paciente sobre cómo configurar y realizar el ejercicio. Los datos procesados pueden informar a los cuidadores si la patente ha seguido los ejercicios prescritos, así como la calidad (y tendencias) de los ejercicios. Además, se contempla que los datos recopilados se puedan analizar para detectar los que pueden ser indicadores de dificultad respiratoria. [30]
- Dwight Cheu, Michael DiCesare inventores del dispositivo y sistema de fisioterapia respiratoria con capacidades de juego integradas y método de uso del mismo; un dispositivo respiratorio basado en procesador para terapia respiratoria que combina juegos y retroalimentación en tiempo real para guiar al usuario a través de las técnicas respiratorias adecuadas. Permite proporcionar una experiencia atractiva, asegurando así que un usua-

rio reciba el máximo beneficio de salud posible de una rutina de fisioterapia respiratoria particular. un dispositivo que se puede conectar a un dispositivo respiratorio existente y proporciona capacidades de gamificación para aumentar la tolerancia de un paciente que utiliza el dispositivo y que a su vez crea un método de curación general optimizado. [31]

Un sensor dentro de la cámara y acoplado electrónicamente al procesador y que comprende una interfaz de comunicaciones acoplada a una red, la interfaz de comunicaciones está configurada para generar una señal a una interfaz gráfica de usuario basada en el flujo de aire en la cámara. en realizaciones opcionales, se puede usar un acelerómetro, un giroscopio o un micrófono. Cada uno de los sensores adicionales puede proporcionar capacidades de juego adicionales que incluyen utilizar la dirección y el movimiento del dispositivo y transmitir ese movimiento a la interfaz para proporcionar capacidad de comunicación vocal con el juego en sí o con otros jugadores. La capacidad de medir el flujo de aire es importante porque permite que el módulo de evaluación analice la respiración de un usuario para determinar su nivel de éxito en el juego. [31]

Los anteriores proyectos se enfocan en la capacidad de incentivar a un paciente para realizar una actividad respiratoria utilizando herramientas de hardware y software que se sincronizan entre si, para intercambiar resultados y alcanzar una fisioterapia deseada, sin embargo, estos proyectos no especifican la comunicación directa entre el dispositivo y el paciente, y como se podría brindar un acompañamiento con un dispositivo para completar una actividad, por lo que los objetivos identificados en las patentes nos permiten diferenciar con los objetivos a desarrollar en este proyecto.

5. Objetivos del Proyecto

Objetivo General

Desarrollar un prototipo de software integrado a un dispositivo electrónico inspirómetro remoto que permita programar actividades de terapia respiratoria requeridas por el profesional de la salud y a su vez, permita registrar los datos de los pacientes mientras realizan las actividades establecidas.

5.1. Objetivos Específicos

- Explorar la literatura sobre las prácticas de software relacionadas con un inspirómetro y la información que se transmite desde el dispositivo, reconocer las etapas de funcionamiento del sistema a desarrollar para llevar a cabo una terapia respiratoria de re-expansión pulmonar.
- Definir los requerimientos del sistema mediante la teoría de solución de problemas inventivos metodología TRIZ, así como las técnicas de trabajo e integración de datos para el sistema software.
- Diseñar e implementar un sistema software que se integre con un inspirómetro electrónico que permita adaptarse al proceso de respiración de un paciente y que incorpore terapias de re-expansión pulmonar para la recuperación y mantenimiento de volúmenes y capacidades pulmonares.
- Validar el funcionamiento del sistema diseñado con personas adultas sin alteración de la función pulmonar.

5.2. Alcances

Un prototipo software que se encarga de impartir las instrucciones al paciente para la realización de su fisioterapia respiratoria, a partir de los datos que genera el paciente en la utilización del inspirómetro electrónico, este software permite registrar datos durante una fisioterapia utilizando tecnologías de comunicación web para brindar funcionalidades para acompañamiento remoto.

6. Marco de Referencia

6.1. Marco Conceptual

El sustento conceptual del sistema software de fisioterapia respiratoria está dado por las siguientes definiciones.

6.1.1. Teleconsulta

Consiste en la realización de consultas médicas especializadas entre un centro médico y un paciente con el propósito de proveer un diagnóstico mediante una plataforma digital [32].

6.1.2. Inspirómetro

Es un dispositivo médico que se utiliza para ayudar a los pacientes a mejorar el funcionamiento de sus pulmones, permite facilitar a los médicos el diagnóstico de enfermedades relacionadas con las vías respiratorias, como asma, neumonía, bronquitis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y otras deficiencias pulmonares [15].

Una sola prueba de inspirómetro toma solo diez a quince minutos de tiempo de operación. El inspirómetro permite evaluar la función básica del sistema respiratorio humano, es decir, proporcionar suficiente oxígeno a y eliminar el dióxido de carbono del cuerpo. Idealmente, es necesario un dispositivo como un inspirómetro que pueda evaluar el rendimiento de la respiración midiendo el nivel de oxígeno de los pulmones [15].

Recientemente los modelos de inspirómetro son diseñados para adaptarse al estilo de vida moderno, son portátiles y programables. Existen varios espirómetros portátiles disponibles en el mercado y por lo tanto sus características y funciones dependen del tipo de sensores utilizados para detectar patrones y parámetros respiratorios [33] [34]. Los parámetros de inspirómetro para medir las condiciones respiratorias generalmente son frecuencia respiratoria, flujo inspiratorio, volumen espiratorio, capacidad vital [15].

6.1.3. Incentivo respiratorio

Un sistema que permite determinar el flujo o el volumen de aire inspirado, permite la realización de la espirometría de incentivo diseñada para imitar los suspiros naturales animando a los pacientes a respirar lenta y profundamente. La espirometría de incentivo se realiza utilizando dispositivos que proporcionan señales visuales a los pacientes de que se ha logrado el flujo o volumen deseado. La base de la espirometría de incentivo implica que el paciente tome una inspiración máxima sostenida (SMI) [35].

6.1.4. Proceso de espirometría

Se mide la forma como un paciente inhala o exhala volúmenes de aire en función del tiempo. La inspiración es el proceso en el cual hay ampliación de la caja torácica y de los pulmones ingresando aire u otra sustancia gaseosa a los pulmones. Los equipos empleados en el monitoreo del flujo de aire tanto en la inspiración como en la espiración, utilizan dispositivos para la medición de la variable física conocidos como transductores de presión. Según el principio de transducción de presión, los dispositivos empleados para determinar el flujo respiratorio se clasifican en cuatro categorías: neumotacógrafo, tipo turbina, tipo anemómetro y tipo ultrasónico con diferentes principios de operación [36].

6.1.5. Teoría de solución de problemas inventivos (TRIZ)

Un método conocido como teoría para resolver problemas de inventiva, esta metodología cuenta con un conjunto de herramientas basado en modelos para la generación de ideas y soluciones innovadoras. Para el diseño de un producto centrado en el usuario se considera, ampliar la visión del problema, realizar un análisis sistémico del problema, identificar las restricciones de un nuevo producto y ampliar el campo de búsqueda de las soluciones [37]. Dentro de las estrategias que se encuentran en la literatura para el análisis de diseño de productos, el uso de la Teoría de Solución de Problemas Inventivos, TRIZ, es de utilidad en el diseño de nuevos productos en un amplio abanico de áreas incluido el campo de la salud [38]. Una de las ventajas que presenta TRIZ frente a otras estrategias de ideación, es su orientación a la ciencia y la tecnología, lo cual permite que la etapa de convergencia de los procesos de diseño se pueda realizar de manera ágil y estructurada [39].

6.2. Marco Teórico

6.2.1. Fisioterapia respiratoria

Son procedimientos físicos utilizados en el tratamiento de pacientes con una incapacidad, enfermedad o lesión del aparato respiratorio, con el fin de alcanzar y mantener la rehabilitación funcional y evitar una disfunción [40].

Los fisioterapeutas desempeñan roles de atención primaria para atender las necesidades de los pacientes mediante servicios de tratamiento especializados, estos servicios se guían mediante un proceso estándar de manejo de pacientes y usuarios como se presenta en la figura 1 a continuación, un flujo estándar de un proceso de fisioterapia:

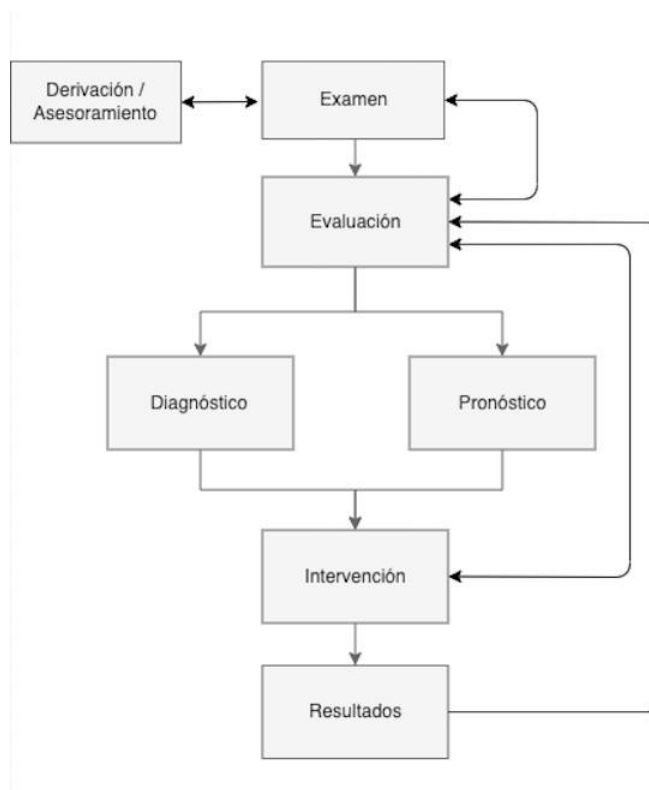


Figura 1: Proceso de manejo de pacientes y usuarios. *Guía para la práctica fisioterapéutica [2].*

Es importante definir los módulos representados en el proceso de manejo de pacientes y usuarios para identificar el contexto de arquitectura que se define para el sistema de fisioterapia respiratoria.

Examen

El primer paso de este proceso de fisioterapia respiratoria, el examen del sistema pulmonar consiste en visualizar la información disponible sobre los síntomas del paciente y así poder determinar la necesidad de la evaluación médica que se va a realizar, en este paso también se pretende realizar la recopilación de los datos necesarios para una historia clínica. En esta etapa, el fisioterapeuta decide los parámetros específicos que el paciente debe tener en cuenta para realizar una prueba de sistema pulmonar, las pruebas y parámetros son medios también para recopilar datos sobre el estado del paciente.

Evaluación

Consiste en interpretar la respuesta del paciente, en esta etapa se integran los datos y se determina un diagnóstico y un pronóstico que incluya objetivos de la evaluación para determinar un plan de atención.

Una evaluación de fisioterapia tiene en cuenta lo siguiente:

- **Signos:** parámetros que presenta el paciente y puede ser vistos por el fisioterapeuta de forma objetiva.
- **Síntomas:** parámetros que solamente son descritos por el paciente y no son observables.

Diagnóstico y pronóstico

Dos actividades que se realizan en paralelo donde se recopila y se clasifican los datos en categorías en base al esquema de evaluación que maneje el profesional, los esquemas de clasificación deben respetar los límites impuestos a la profesión por la ley que puede regular tipos de categorías de diagnóstico [2].

Intervención

En esta etapa, el profesional elige un tratamiento fisioterapéutico donde se incorporan los objetivos a corto, mediano y largo plazo con resultados medibles y negociados en colaboración con el paciente o el responsable del paciente [41].

6.2.2. Sesión de fisioterapia

Una sesión de fisioterapia incluye los ejercicios, resultados, intervención y realimentación para la rehabilitación pulmonar. A continuación en la gráfica 2 se presenta un modelo estándar de volúmenes y capacidades pulmonares que se puede analizar cuando se realiza una terapia con un espirómetro. Las flechas negras y grises sólidas indican los volúmenes y capacidades pulmonares respectivamente:

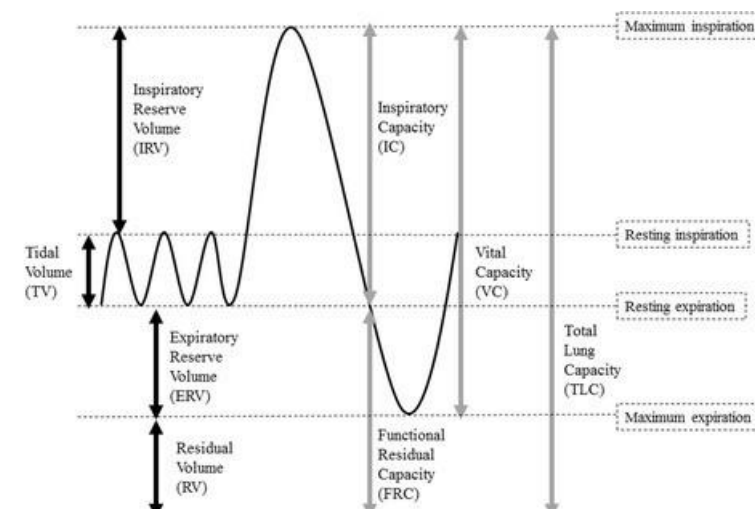


Figura 2: Medidas estándar de volumen pulmonar [3].

6.2.3. Capacidad vital

En espirometría es el volumen máximo que se puede inspirar y espirar en condiciones normales, se puede calcular teniendo en cuenta la siguiente ecuación [42].

Para hombre:

$$CV (cm^3) = (27,63 - 0,112 * edad) * altura(cm) \quad (1)$$

Para mujer:

$$CV (cm^3) = (21,78 - 0,101 * edad) * altura(cm) \quad (2)$$

Dentro de los parámetros espirométricos también se encuentra definida la capacidad vital forzada CVF que es la cantidad máxima de aire exhalado forzadamente partiendo de una inhalación total; el pico de flujo espiratorio PEF como flujo instantáneo máximo de la maniobra CVF [43]. El volumen espiratorio forzado en el primer segundo VEF1 se conoce como cantidad del aire exhalado abruptamente en el primer segundo después de una inhalación máxima.

6.2.4. Visualización de datos espirométricos

Los datos de inspirómetro o espirométricos se ven como graficos llamados *espirogramas* donde se muestran las medidas del volumen exhalado, el tiempo y las tasas de flujo de aire. Hay dos tipos de espirogramas estándar que se utiliza un fisioterapeuta respiratorio para evaluar cómo funcionan los pulmones, a continuación las medidas estándar que un fisioterapeuta evalúa durante la visualización de los datos:

- **Curva de volumen - tiempo:** Contiene los puntos de medición correspondientes a VEF1 = volumen espiratorio forzado en el primer segundo, FVC = capacidad vital forzada y EOTV = volumen al final de la espiración, como se puede ver en la figura 3 de a continuación donde se observan los criterios de aceptabilidad (puntos máximos y mínimos), los criterios de evaluación que utiliza un fisioterapeuta con la curva de comportamiento en rojo que se resalta, el eje horizontal para representar el tiempo en segundos y el eje vertical para representar el volumen:



Figura 3: Curva de volumen vs. tiempo [4].

- Curva de flujo - volumen:** Muestra las tasas de flujo de aire en función del volumen exhalado. Esta curva como se muestra en la figura 4 a continuación, contiene puntos correspondientes al PEF = pico espiratorio de flujo y al igual que la curva anterior se observan los criterios de aceptabilidad, criterios de evaluación del fisioterapeuta, el eje horizontal para representar el tiempo en segundos y el eje vertical para representar el flujo:

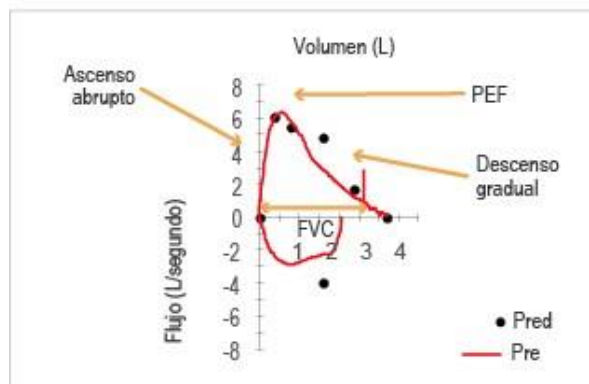


Figura 4: Curva de flujo vs. volumen [4].

Para la visualización de los datos del proyecto se definió que la curva flujo - volumen se establece bajo un rango de variación de flujo respiratorio de 0 - 1200 centímetros cúbicos por segundo teniendo en cuenta que el fisioterapeuta respiratorio necesita conocer cuando el paciente ha logrado alcanzar 600, 900 y 1200 centímetros cúbicos por segundo definidos por el grupo de investigación en conjunto con los fisioterapeutas [29]. El sistema web es capaz de representar en gráficas los datos de flujo que se extraen desde un inspirómetro con las medidas en centímetros cúbicos por segundo sin modificar su muestreo y después calcular la gráfica de volumen a partir de los datos de flujo.

6.2.5. Prescripción

El fisioterapeuta respiratorio puede realizar una prescripción con la asignación de las variables y valores correspondientes a cada uno de los datos definidos a continuación:

- **Frecuencia:** Cada cuantas horas se debe realizar un ejercicio, es determinada por el fisioterapeuta y se define por el número veces que realiza una sesión de fisioterapia, ejemplo: 3 series de 10 repeticiones, cada 8 horas, por una semana.
- **Duración:** Es el tiempo utilizado en la ejecución de una terapia.
- **Sesión:** Es la ejecución de un ejercicio en tiempo continuo en grupos de frecuencia.
- **Series:** Determinado por los momentos en una sola frecuencia.
- **Repeticiones:** Son las veces por serie de cada sesión

Se presenta las etapas de una prescripción en la figura 5 a continuación:

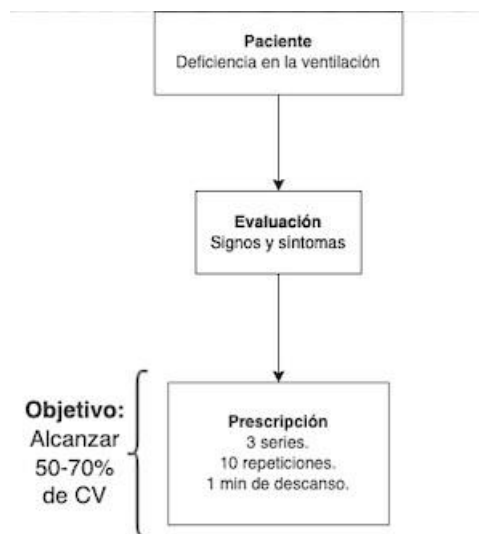


Figura 5: Ejemplo de prescripción [5].

Lo anterior, es un ejemplo de una prescripción específicamente cuando un paciente necesita alcanzar el 50-70 % de capacidad vital entre 3 series de 10 repeticiones con 1 minuto de descanso, en ese orden se evalúa por parte del fisioterapeuta.

7. Metodología de la Investigación

La metodología considerada para el desarrollo del proyecto es TRIZ lo cual permite clasificar los atributos y características para definir los requerimientos del sistema inspirómetro, esta metodología se desarrolla en conjunto con el grupo de investigación de la Pontificia Universidad Javeriana Cali donde se integran áreas de fisioterapia, ingeniería de sistemas, ingeniería electrónica, diseño, ingeniería de software para desarrollar un sistema que permita realizar una terapia respiratoria y tenga realimentación visual para los usuarios, se plantea entonces los atributos del sistema en pasado, presente y futuro en nueve ventanas en la figura 6 a continuación:

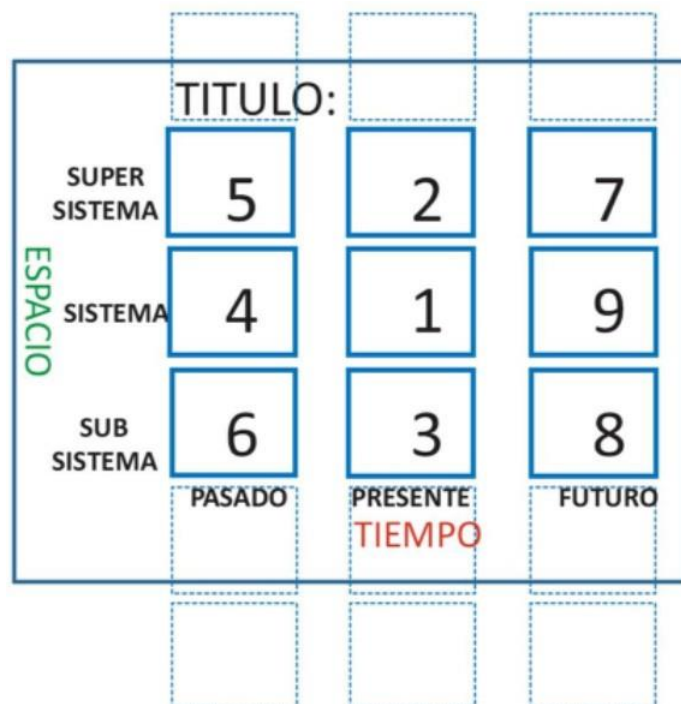


Figura 6: Diagrama de nueve ventanas de metodología TRIZ [6].

Para definir los requerimientos funcionales del sistema software, se analizaron cada una de las ventanas con el procedimiento indicado:

7.1. Sistema Presente

En la ventana 1 se analizaron los diferentes elementos de ayuda para la recuperación pulmonar de un paciente con sistemas actuales, se identifica que estos sistemas siempre van acompañados de una terapia denominada fisioterapia respiratoria, que como se explicó anteriormente, es la encargada de definir que tipo de fisioterapia es la mejor para cada complicación respiratoria.

En la ventana 2 se realiza el análisis del super sistema, lo cual es en contexto donde se describen los elementos de ayuda para la recuperación de la capacidad pulmonar, en esta ventana se

analizan las entidades o empresas que trabajan en la recuperación de la salud respiratoria, como también otros sectores relacionados con complicaciones respiratorias. En medicina, se utiliza respiración asistida en procesamientos quirúrgicos, donde se tienen en cuenta también técnicas respiratorias y fármacos para personas con enfermedades pulmonares. En industria, existen empresas que realizan el diseño y construcción de áreas limpias, manejo y control de ambientes hospitalarios y farmacéuticos. En lo social, esta directamente relacionado con el contagio de COVID por las personas que necesitan un tratamiento respiratorio asistido.

En la ventana 3 se realiza el análisis del subsistema, donde se muestra de que están compuestos los diferentes elementos investigados asociados a la recuperación de la capacidad pulmonar. Actualmente, se utilizan técnicas para la recuperación pulmonar de las personas, que se basan en una serie de instrucciones que el paciente debe seguir de acuerdo a la recomendación médica. Con un inspirómetro un paciente debe inhalar a través de la boquilla, lo que hace que la presión caiga dentro del dispositivo y, a su vez, hace que las bolas se eleven en cada uno de los tubos de flujo. Cada tubo está calibrado para que el desplazamiento completo de la pelota sea igual a un flujo específico, que se indica en la pared del tubo. El número de bolas y el nivel al que se elevan depende del nivel de flujo alcanzado [44].

En esta primera etapa y análisis de la metodologías utilizadas en sistemas actuales, se identifica que una terapia respiratoria no se realiza adecuadamente debido a la falta de adherencia hacia la actividad por parte del paciente, además no existe un seguimiento con datos registrados que el fisioterapeuta pueda evaluar, no hay un registro tampoco de un histórico de la evolución del paciente quien requiere principalmente indicaciones previas del fisioterapeuta respiratorio.

7.2. Sistema Pasado

En la ventana 4 se abarcar el tema de la rehabilitación pulmonar abarca desde los comienzos del arte médico, con ello, las principales estrategias utilizadas para disminuir el impacto de la enfermedad pulmonar crónica, las terapias recomendadas eran el reposo, evitar situaciones de esfuerzo físico o por el contrario entrenamientos físico con miras a rehabilitar los pacientes con el máximo posible de alcance de su sistema pulmonar y después de ello, también se desarrollaron técnicas aplicando los principios científicos entre los cuales vemos el entrenamiento muscular y oxígeno-terapia crónica domiciliaria.

En la ventana 5 se considera que en el pasado no se tenía la conciencia de prevenir ciertos tipos de enfermedades como las respiratorias, de hecho no existían grandes compañías dedicadas al cuidado o rehabilitación de la capacidad pulmonar como las hay hoy en día. Solo existían esfuerzos e investigaciones individuales cuyas conclusiones permitieron que se desarrolle la industria que actualmente existe.

En la ventana 6 se menciona que en el pasado no existía una gran preocupación sobre enfermedades respiratorias y en general como las hay hoy en día, no había dispositivos que ayudaran a la recuperación pulmonar de las personas, salvo ejercicios de respiración que aún se usan en la fisioterapia respiratoria.

7.3. Sistema Futuro

En la ventana 7 se analiza en cuanto al futuro donde se entra al plano imaginario, en este caso el contexto en el que se encontraran los elementos de recuperación pulmonar. En medicina uno de los aspectos a mejorar es la de la reducción de tiempos de convalecencia en los hospitales porque minimiza costos tanto al hospital como al paciente además abre espacio para pacientes con otras patologías y una de las tendencias para lograr esto es la fisioterapia domiciliaria, que el paciente realice su terapia desde la comodidad de su casa y no tenga de desplazarse hasta el hospital. Desde lo social y ambiental, estos temas van de la mano debido a que en algunos países no se está trabajando lo suficiente en lo ambiental lo cual significa un aumento en la contaminación del aire que respiran las personas sobre todo en las grandes ciudades, lo cual también aumentaría la probabilidad de adquirir algunas afección respiratoria y sin tratamiento podría aumentar la tasa de mortalidad por estas causas.

En la ventana 8 el sistema ideado deberá usar algoritmos de programación para el envío y recepción de datos además de generar un reporte de datos de lo realizado por el paciente en el cual el profesional de la salud analizará el rendimiento del paciente.

En la ventana 9 el software del inspirómetro deberá ser capaz de ejecutarse en un sistema operativo común, con el fin de tener mayores posibilidades de uso. Además deberá tener una interfaz gráfica intuitiva para que tanto el paciente como el fisioterapeuta puedan usarlo de manera fácil y adecuada. Dicha interfaz deberá permitir modificar los límites de trabajo por parte del fisioterapeuta con el fin de adaptar la terapia a los pacientes con mayores dificultades respiratorias.

Con lo anterior y dadas las características y atributos de los sistemas en pasado y presente, el sistema futuro, debe permitir que el paciente se pueda concentrar en su terapia y hacerla conscientemente, permitir adquirir datos, codificar, presentar y almacenar la información de desempeño de la terapia tanto al paciente como al fisioterapeuta mediante una conexión remota, debe permitir la administración de usuarios, una plataforma con operaciones intuitivas para la programación de ejercicios para cada sesión y que permita la prescripción remoto de los mismos.

8.1.2. Diagrama de casos de uso

Se identificaron las posibles relaciones mediante un diagrama de casos de usos que permitió exponer el comportamiento deseado del sistema. En la figura 8 se muestra la inclusión de los procesos que incorpora explícitamente el comportamiento de un caso de uso, como también se muestra la extensión como sub-funciones de un caso de usos.

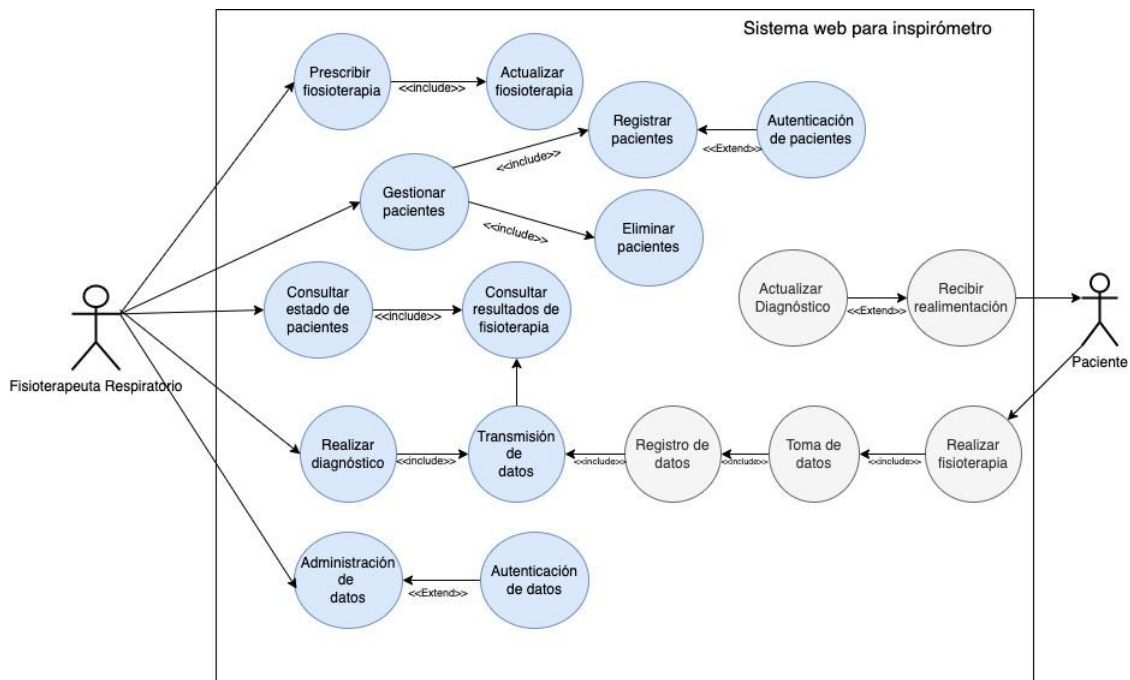


Figura 8: Diagrama de casos de uso para aplicación web

El diagrama permite definir las acciones específicas y principales que debe realizar el fisioterapeuta respiratorio, mostrado de color azul las funciones de gestionar pacientes, prescribir, consultar el estado de pacientes y realizar el diagnóstico a partir de los datos que han sido transmitidos al sistema web, con la relación de *include* y *extend* para mostrar las sub-funciones de cada una de ellas. Por otro lado, están las funciones del paciente en gris que el sistema no desarrolla directamente pero tiene en cuenta para definir los servicios que se van a desarrollar para la comunicación de datos.

8.1.3. Diagrama de flujo general de la aplicación web

Como parte de las tareas principales que debe realizar el fisioterapeuta es la de asignar una prescripción y valorar el paciente dada la gráfica de comportamiento del flujo respiratorio por usuario, los datos obtenidos durante una fisioterapia son procesados desde un dispositivo inspirómetro y son enviados hacia la aplicación web para ser visualizadas. Se presenta a continuación el diagrama de flujo la figura 9 cuando el fisioterapeuta ingresa a la aplicación web:

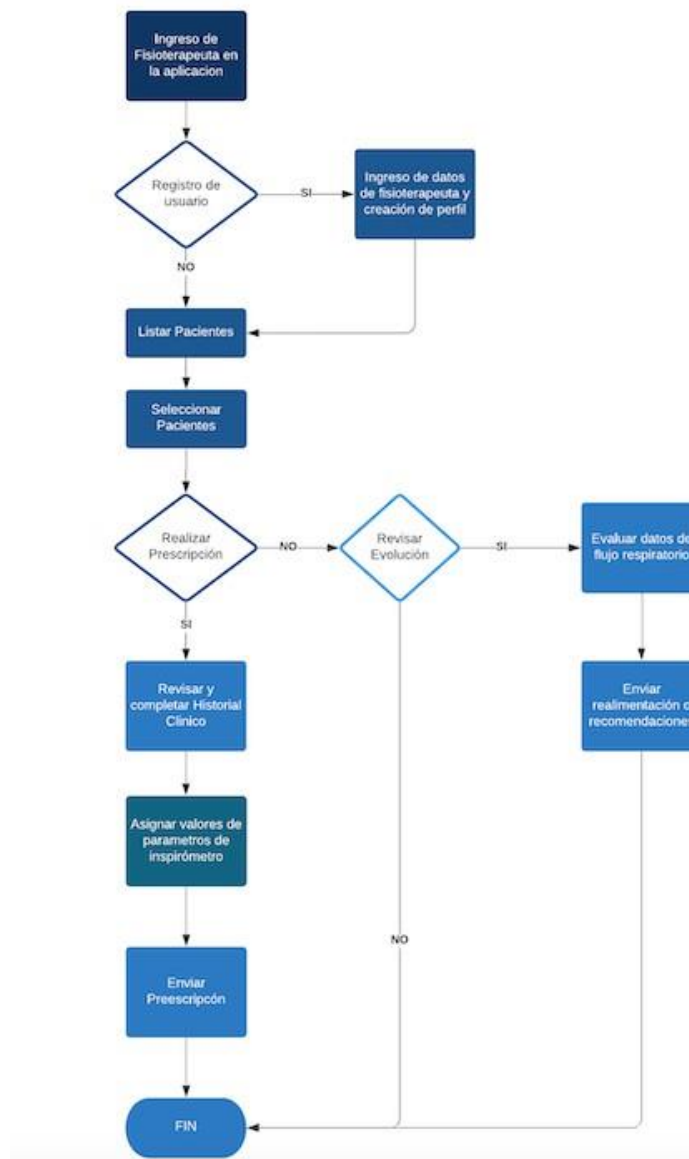


Figura 9: Diagrama de flujo general para sistema web

Con el diagrama de flujo se valida la acción desde el paso inicial hasta final para dar un primer acercamiento detallado sobre como debe navegar un fisioterapeuta en el sistema web para que pueda completar un envío de prescripción para una fisioterapia respiratoria. Se representa desde el inicio el ingreso del fisioterapeuta a la aplicación y como deber responder la aplicación según la acción que va a realizar de las disponibles, ya sea un registro de usuario o ver los pacientes que tiene registrados, mas adelante se representa en modelo de decisión, la etapa de realizar prescripción y revisar evolución, seguido de los procesos que corresponden a cada decisión con un azul diferente dado a que hacen parte de la etapa en la que se encuentra el usuario resultando en verde tenue la etapa mas importante que es la de asignar los valores de parámetros de inspirómetro.

8.1.4. Técnicas de obtención de requerimientos

1. **Reuniones grupales:** Inicialmente se realizan reuniones grupales con los principales actores del sistema, tanto los posibles usuarios como fisioterapeuta respiratorio como los desarrolladores del sistema de las diferentes áreas, software, electrónica y diseño.

2. Encuestas:

a) Encuesta dirigida a fisioterapeutas tanto externos como internos del proyecto, con el propósito de identificar atributos comunes con los mencionados en el grupo de investigación, para lograr el objetivo, se realizaron preguntas orientadas a las terapias respiratorias, los datos que se evalúan actualmente y las metodologías utilizadas.

b) Encuesta dirigida a los pacientes con el fin de conocer la experiencia de los pacientes que han realizado terapia respiratoria con el inspirómetro incentivo en cuanto a la terapia y el acompañamiento con el terapeuta.

3. Prototipado:

a) Se definieron vistas e interacción de usuario, en este caso, como el fisioterapeuta deberá desenvolver en la aplicación web, como el registro de pacientes, realización de la prescripción y la visualización de resultados para el diagnóstico.

8.1.5. Definición de requerimientos funcionales

RF01. El sistema debe tener una funcionalidad para el fisioterapeuta respiratorio que le permita evaluar el estado de un paciente.

RF01.1. Permitir realizar un diagnóstico y posteriormente recetar la terapia correspondiente por paciente, si es necesario.

RF01.2. Permitir la visualización de datos registrados como flujo respiratorio por cada sesión por medio de gráficas de desempeño.

RF01.3. Permitir revisar la evolución del paciente dados los datos de flujo respiratorio de cada una de las terapias por sesión.

RF02. El sistema debe tener una funcionalidad para al fisioterapeuta que le permita programar una prescripción por cada sesión en el sistema web.

RF02.1. Se debe permitir cargar una prescripción con valores numéricos enteros.

RF02.2. Se debe permitir el almacenamiento de prescripciones con valores asignados por paciente.

RF02.3. Se debe permitir modificar, cargar o eliminar prescripciones.

RF02.4. Se debe permitir establecer parámetros de prescripciones por conexión remota.

RF03. El sistema debe tener una funcionalidad para al fisioterapeuta que le permita orientarse en el manejo de las prescripciones.

- RF03.1.** Se debe incluir una función de usuario que permita ver una secuencia de uso de la aplicación correctamente.
- RF04.** El sistema debe tener una funcionalidad para al fisioterapeuta que le permita la gestión de los parámetros de cada sesión por medio de los perfiles de cada paciente, parámetros tales como el rango de medición de flujo inspirado, volumen, frecuencia respiratoria y saturación de oxígeno por cada paciente.
- RF04.1.** La funcionalidad de gestión de parámetros que le permita al fisioterapeuta establecer rangos en volumen, frecuencia y saturación de oxígeno por medio de teleconsulta.
- RF04.2.** La funcionalidad para al fisioterapeuta debe permitir establecer parámetros de flujo inspirado y asignar los ejercicios correspondientes por paciente
- RF05.** El sistema debe tener una funcionalidad para al fisioterapeuta que le permita realizar un diagnóstico dados los datos de flujo respiratorio del paciente visualizados en gráficas de comportamiento.
- RF06.** El sistema debe tener una funcionalidad para al fisioterapeuta que le permita guardar los cambios realizados en la plataforma como las modificaciones de las prescripciones en cada una de las sesiones de terapia.
- RF07.** El sistema debe contar con una estructura de gestión de usuarios.
- RF08.** El sistema debe permitir a los fisioterapeutas administrar grupos de pacientes para asignar las respectivas prescripciones.
- RF08.1.** Permitir a los fisioterapeutas la creación y administración de grupos de pacientes, los cuales van a tener en su plataforma registrados con los datos demográficos de cada paciente.
- RF09.** El sistema debe permitir adquirir, almacenar y presentar al fisioterapeuta los datos de flujo respiratorio como desempeño del paciente estimados en una sesión por conexión remota.
- RF09.1.** El sistema debe tener una funcionalidad de toma de datos de flujo respiratorio del paciente que permita agrupar la captura de datos en un historial.
- RF09.2.** El sistema debe tener una funcionalidad de toma de datos del paciente que permita hacer el registro de datos de flujo respiratorio mediante los estímulos capturados uno a uno desde el inspirómetro con un método cuantitativo de grabación de datos.
- RF09.3.** El sistema debe tener una funcionalidad de codificar la variable física medida con el inspirómetro a partir de los datos derivados del flujo respiratorio y presentarlos graficados en la aplicación web.
- RF010.** El sistema debe contar con una API para permitir la transmisión de datos.
- RF011.** El sistema debe permitir la funcionalidad de registro de datos del paciente para garantizar el auto-guardado por cada ejercicio realizado.
- RF012.** El sistema web debe permitir integrar un módulo de gamificación para acoplarse con un sistema móvil para la presentación de prescripciones y de datos de comportamiento de flujo respiratorio.

8.1.6. Definición de requerimientos de calidad

- RNF1.** El sistema debe permitir que cualquier usuario que no conozca a profundidad el funcionamiento de las TIC tenga un buen desempeño con el manejo de la herramienta.
- RNF2.** El sistema debe cumplir con parámetros ACID para el relacionamiento con bases de datos.
- RNF3.** El sistema debe soportar concurrencia de múltiples usuarios.
- RNF4.** El sistema debe favorecer la adherencia al tratamiento de fisioterapia.

8.1.7. Definición de requerimientos tipo restricción

- RTR1.** Poner el mínimo número de comandos de operación para el fisioterapeuta.

8.1.8. Especificación y priorización de requerimientos

A continuación se presenta los requerimientos funcionales con su respectiva especificación y validación dependiendo de la prioridad: alta, media o baja, respectivamente.

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.01 Versión: 1.1 Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe tener una funcionalidad para el terapeuta respiratorio que le permita evaluar una sesión realizada por un paciente.		
Justificación: El fisioterapeuta solicita que la aplicación web le permita ver los datos del paciente y conocer la evolución del mismo.		
Origen: Fisioterapeuta		
Criterio de verificación: El sistema web permite visualizar los datos registrados de una prescripción y conocer la evolución del paciente.		
Prerequisitos: Todos los requisitos de prioridad alta.		
Dependencias:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ RF01.1 ■ RF01.2 ■ RF01.3 		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 09/10/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:
1.1	20/10/2021	Se desarrolla prototipado para esta funcionalidad y se modifica los requisitos RF01.2 y RF01.3 en cuanto a visualizar los datos como flujo respiratorio y se crea el requisito RF01.1

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.02 Versión: 1.1 Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe tener una funcionalidad para el terapeuta respiratorio que le permita programar una prescripción por cada sesión en el sistema web.		
Justificación: El fisioterapeuta solicita que la aplicación web le permita programar una prescripción general por paciente.		
Origen: Fisioterapeuta		
Criterio de verificación: El sistema web permite visualizar los datos registrados de una prescripción y conocer la evolución del paciente.		
Prerequisitos: Todos los requisitos de prioridad alta.		
Dependencias:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ RF02.1 ■ RF02.2 ■ RF02.3 ■ RF02.4 		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 09/10/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:
1.1	20/10/2021	Se desarrolla prototipado para esta funcionalidad y se modifica los requisitos RF02.1 y RF02.2 en cuanto a realizar una prescripción con campos para valores numéricos

Prioridad: Media		
Nro.Requisito: RF.03 Versión: Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe tener una funcionalidad para al fisioterapeuta que le permita orientarse en la realización de las prescripciones.		
Justificación: Se sugiere al fisioterapeuta conocer la secuencia de pantallas de la interfaz web y como se esperan los datos.		
Origen: Ingeniero de requisitos		
Criterio de verificación:		
Prerequisitos:		
Dependencias:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ RF03.1 		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 20/09/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:
1.1	31/10/2021	se desarrolla prototipado para esta funcionalidad y se modifica el requisito RF03.1 en cuanto a orientar al fisioterapeuta

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.04 Versión: 1.1 Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe tener una funcionalidad para al fisioterapeuta que le permita la gestión de los parámetros de cada sesión por medio de los perfiles de cada paciente, parámetros tales como el rango de medición de flujo inspirado, volumen, frecuencia respiratoria por cada paciente.		
Justificación: El Fisioterapeuta solicita que la aplicación web le permita la gestión de parámetros para realizar una prescripción		
Origen: Fisioterapeuta		
Criterio de verificación:		
Prerequisitos:		
Dependencias:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ RF04.1 ■ RF04.2 		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 20/09/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:
1.1	31/10/2021	Se desarrolla prototipado para esta funcionalidad y se modifica los requisitos RF04.1 en cuanto a establecer parámetros generales de prescripción y se crea el requisito RF04.2

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.05 Versión: 1.1 Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe tener una funcionalidad para al fisioterapeuta que le permita realizar un diagnostico dados los datos de flujo respiratorio del paciente visualizados en gráficas de comportamiento.		
Justificación: El fisioterapeuta solicita que la aplicación web le permita ver el comportamiento de flujo respiratorio del paciente y conocer la evolución del mismo.		
Origen: Fisioterapeuta		
Criterio de verificación: El sistema web permite visualizar los datos de flujo respiratorio del paciente.		
Prerequisitos: Todos los requisitos de prioridad alta.		
Dependencias:		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 09/10/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:
1.1	20/10/2021	Se desarrolla prototipado para esta funcionalidad y se modifica los requisitos RF05 en cuanto a visualizar los datos como comportamiento de flujo respiratorio

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.06 Versión: Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe tener una funcionalidad para al fisioterapeuta que le permita guardar los cambios realizados en la plataforma como las modificaciones de las prescripciones en cada una de las sesiones de terapia.		
Justificación: El fisioterapeuta solicita que la aplicación web le permita guardar las modificaciones necesarias en una prescripción		
Origen: Fisioterapeuta		
Criterio de verificación: El sistema web permite guardar los nuevos parámetros en una fisioterapia		
Prerequisitos: Todos los requisitos de prioridad alta.		
Dependencias:		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 09/10/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.07 Versión: 1.0 Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe contar con una estructura de gestión de usuarios.		
Justificación: Se recomienda que la aplicación tenga una vista diferente tanto para la interfaz del fisioterapeuta como del paciente		
Origen: Ingeniero de requisitos		
Criterio de verificación: El sistema web tiene una vista diferente tanto para un usuario fisioterapeuta como un usuario paciente		
Prerequisitos: Todos los requisitos de prioridad alta.		
Dependencias:		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 09/10/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.08 Versión: Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe permitir a los fisioterapeutas administrar grupos de pacientes para asignar las respectivas prescripciones.		
Justificación: El fisioterapeuta solicita que la aplicación web le permita gestionar los grupos de pacientes		
Origen: Fisioterapeuta		
Criterio de verificación: El sistema web permite al fisioterapeuta gestionar el grupo de pacientes		
Prerequisitos: Todos los requisitos de prioridad alta.		
Dependencias:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Permitir a los fisioterapeutas la creación y administración de grupos de pacientes, los cuales van a tener en su plataforma registrados con los datos demográficos de cada paciente. 		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 09/10/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.09 Versión: Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe permitir adquirir, almacenar y presentar al fisioterapeuta los datos de flujo respiratorio como desempeño del paciente estimados en una sesión por conexión remota.		
Justificación: El fisioterapeuta solicita que la aplicación web le permita conocer el desempeño del paciente		
Origen: Fisioterapeuta		
Criterio de verificación: El sistema web permite al fisioterapeuta ver el comportamiento y desempeño de una terapia realizada por el paciente		
Prerequisitos: Todos los requisitos de prioridad alta.		
Dependencias:		
<ul style="list-style-type: none"> ■ RF09.1 ■ RF09.2 ■ RF09.3 		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 09/11/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.010 Versión: Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe contar con una API para permitir la trasmision de datos		
Justificación: Se recomienda manejar un proyecto API para la gestión de acceso y envío de datos al sistema web		
Origen: Ingeniero de requisitos		
Criterio de verificación: El sistema web se comunica con la base de datos mediante una API		
Prerequisitos: Todos los requisitos de prioridad alta.		
Dependencias:		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 09/11/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.011 Versión: Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema debe permitir la funcionalidad de toma de datos del paciente debe garantizar el auto-guardado por cada actividad realizada		
Justificación: Se recomienda la funcionalidad de auto-guardado de los nuevos datos registrados al sistema		
Origen: Ingeniero de requisitos		
Criterio de verificación: El sistema web cuenta con la función de autoguardado de datos		
Prerequisitos: Todos los requisitos de prioridad alta.		
Dependencias: }		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 09/11/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:

Prioridad: Alta		
Nro.Requisito: RF.012 Versión: Estado: Aprobado		
Caso de uso Nro:		
Descripción: El sistema web debe permitir integrar un módulo de gamificación para acoplarse con un sistema móvil para la presentación de prescripciones y de datos de comportamiento de flujo respiratorio.		
Justificación: Se recomienda la funcionalidad de acople para la integración del módulo móvil que adquiere los datos del paciente al sistema.		
Origen: Ingeniero de requisitos		
Criterio de verificación: El sistema web cuenta con un módulo de integración para el sistema móvil		
Prerequisitos: Todos los requisitos de prioridad alta.		
Dependencias:		
Conflictos:		
Documentos de soporte:		
Historial del Requerimiento:		
Creacion : 09/12/2021		
Modificación:		
Versión	Fecha	Cambio realizado:

9. Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema software integrado a un inspirómetro representa el análisis desarrollado de abstracción durante la fase de investigación y reúne los requerimientos y las estrategias de implementación utilizadas.

9.1. Arquitectura de Referencia

El sistema de terapia respiratorio debe permitirle a un fisioterapeuta programar ejercicios de respiración y realizar un seguimiento al paciente, el proceso es el de medir, transmitir, almacenar y prescribir una fisioterapia respiratoria, en la figura 10 de a continuación se presentan los módulos principales que conforman este sistema, iniciando con el usuario paciente quien maneja el inspirómetro electrónico, lo cual por medio de las TICs con ayuda de sensores de respuesta rápida se transmiten los datos por Bluetooth a un dispositivo smartphone Android. El paciente realiza la terapia respiratoria con la ayuda de un juego desarrollado presentado en el smartphone Android que hace parte del sistema móvil donde se procesan los datos de volumen respiratorio y los envía como flujo respiratorio al sistema web para ser visualizados por medio una comunicación WiFi. En el sistema web o nube se maneja, se registra y se almacena la información que luego será presentada al fisioterapeuta en la plataforma requerida.

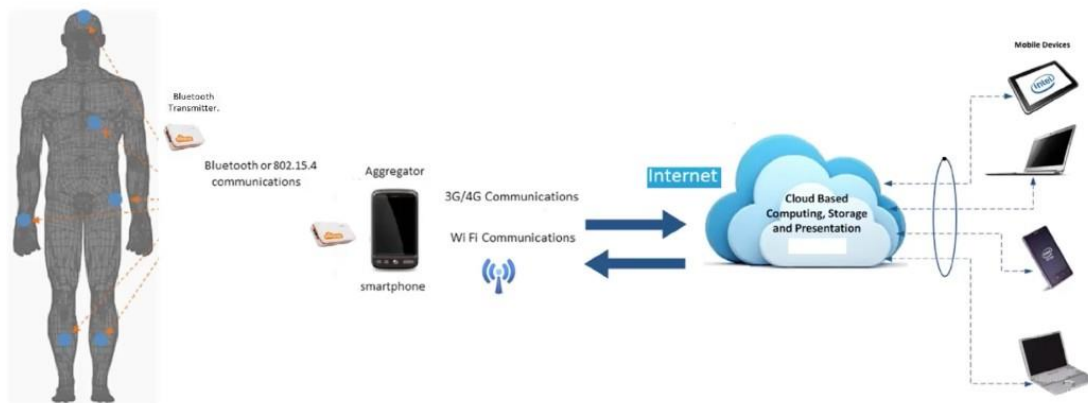


Figura 10: Arquitectura de referencia.

En el presente proyecto se desarrolló para el manejo de datos recibidos desde un dispositivo Android, una aplicación web donde se manejan el tipo de datos específicos de cada paciente y se encarga de monitorear el volumen respiratorio.

En esta aplicación web el fisioterapeuta puede registrar usuarios, asignar una prescripción por paciente, actualización de prescripciones y visualización de resultados del flujo respiratorio registrado de una fisioterapia respiratoria.

9.2. Definición de Arquitectura para Sistema Web

La siguiente arquitectura del sistema general siguiendo el modelado C4 para sistemas de software definido para identificar y especificar los módulos y componentes del sistema web desde un primer nivel de abstracción.

9.2.1. Diagrama contexto del sistema

Dados las especificaciones de los servicios de fisioterapia y los requerimientos desarrollados se definen 3 módulos generales, representados en la figura 11, en este caso se presentan los sistemas que interactúan entre si y que componen el entorno general del proyecto. El módulo de *aplicación de inspirómetro* en azul que se resalta para el manejo de las funcionalidades y las interacciones con el fisioterapeuta y los otros módulos de *móvil* en gris e *inspirómetro* como dispositivo médico:

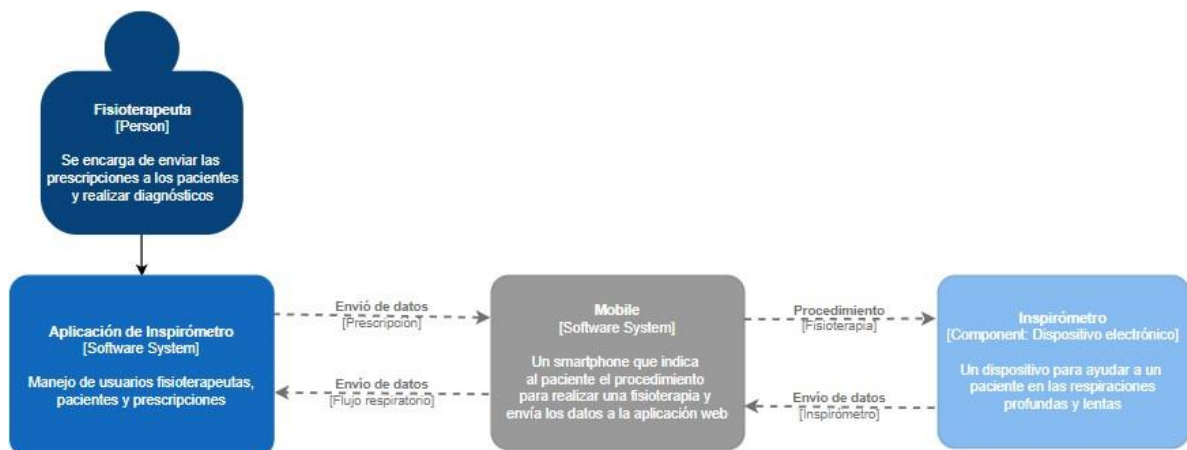


Figura 11: Diagrama contexto del sistema de fisioterapia respiratoria

9.2.2. Diagrama de contenedores

Una vez se define el sistema web dentro de un entorno general, se expande el módulo de *aplicación de inspirómetro* resalta en la figura 11 anterior y se identifican funcionalidades específicas del sistema web como la interfaz de usuario y la base de datos. En este diagrama contenedor, la figura 12 a continuación, se muestra las responsabilidades distribuidas en este componente, teniendo en cuenta también los módulos *mobile* en gris e *inspirómetro* para entender la comunicación entre ellos:

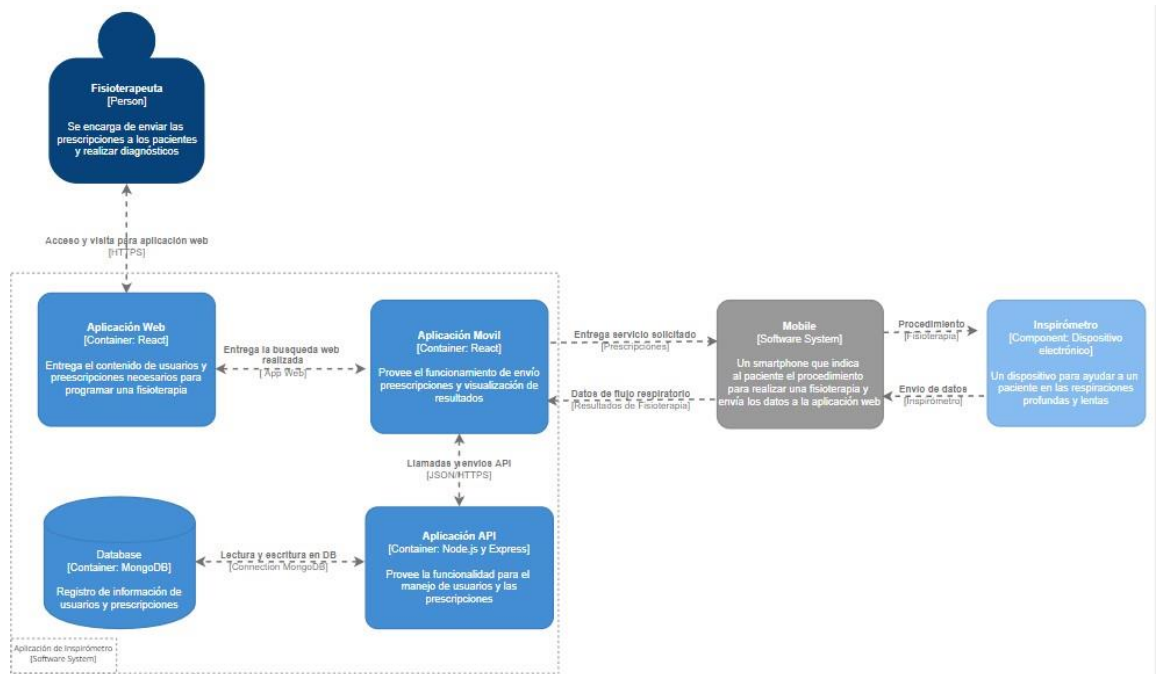


Figura 12: Diagrama de contenedores del sistema de fisioterapia respiratoria

9.2.3. Diagrama de componentes

Se realiza una descomposición del módulo *aplicación web* en la figura 13 y se identifican los componentes, ingreso a usuarios, lista de usuarios, seguridad, prescripciones y resultados que se van registrando en la base de datos. Por otro lado el sistema móvil y el componente de inspirómetro que son sistemas externos que envían los datos de flujo para ser visualizados en la aplicación web.

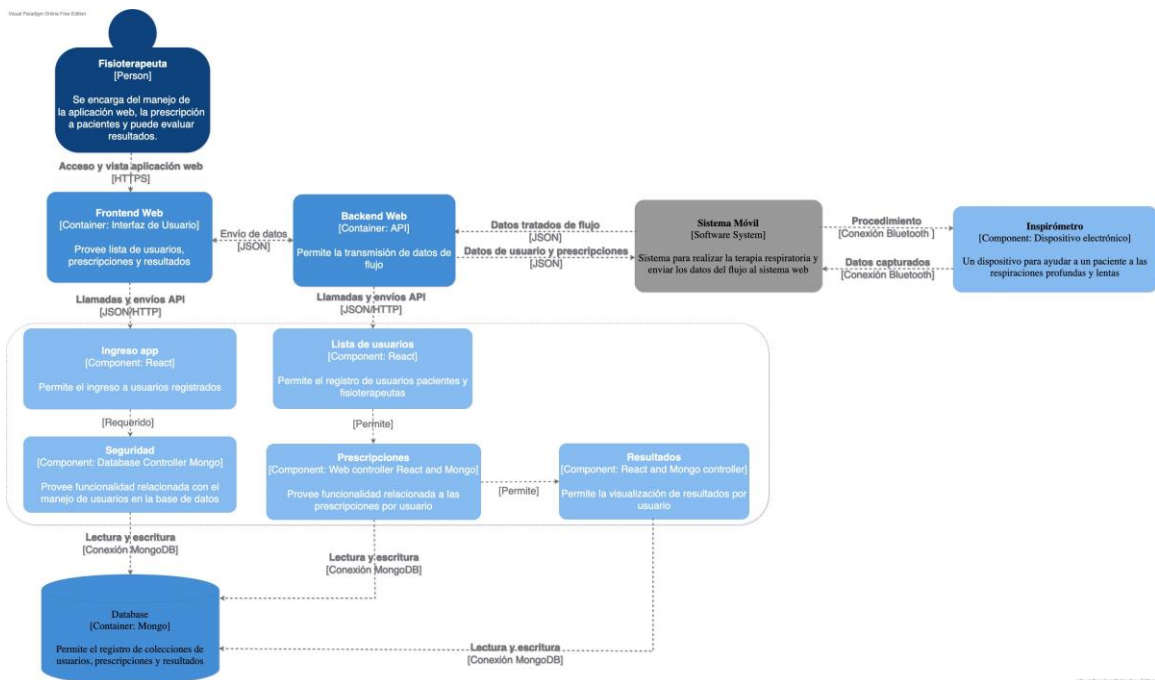


Figura 13: Diagrama de componentes del sistema de fisioterapia respiratoria

9.2.4. Modelo de bases de datos

Para la representación del modelo de datos del sistema se definen las clases de usuario a su vez asociadas las clases de paciente y fisioterapeuta, la clase de prescripción compuesta por la clase de usuario, puesto que una prescripción existe si un usuario existe, la relación entre estas dos clases es por cada usuario tenemos varias prescripciones, la clase de prescripción se compone también con la existencia de una clase ejercicios donde se encuentran establecidos los atributos que definen ese tipo de ejercicio, por último se encuentra la clase de resultados que depende de la clase ejercicios, pues estos resultados se asignan a el ejercicio que a su vez esta asignado a un usuario. A continuación en la figura 14 se presenta el modelo de base de datos:

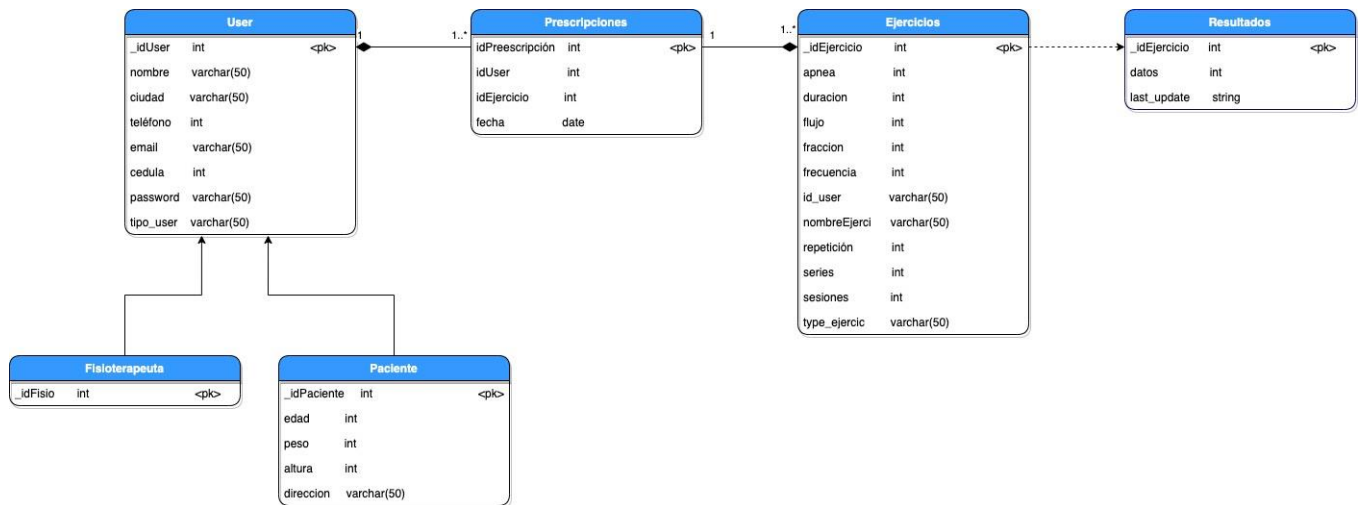


Figura 14: Modelo de Base de datos del sistema de fisioterapia respiratoria

Este modelo representa cada uno de los tipos de datos y las dependencias desarrolladas para el sistema WEB-API.

10. Tecnologías de Implementación

Para el desarrollo del sistema web se opta por utilizar React, conocido como una biblioteca de JavaScript para construir interfaces de usuario o creación de aplicaciones de front end, aprovechando el desarrollo basado en componentes es una característica que provee React y se utiliza en esta construcción de la interfaz de usuario. El desarrollo del backend se realiza con Node.js, un entorno de ejecución para JavaScript multiplataforma que trabaja en tiempo de ejecución, se utiliza específicamente el framework de Node conocido como Express.js, que permite escritura de manejadores de peticiones con diferentes HTTP en diferentes rutas URL, en este caso Node facilita la transferencia de información o datos por que se escribe en JavaScript tanto del lado del servidor como del cliente. Para el manejo de datos se opta por utilizar MongoDB como complemento también para desarrollar en lenguajes basados en JavaScript como se puede ver en la figura 15 de a continuación que representa las interacciones PUT, GET, POST, DELETE que son los métodos de HTTP de comunicación utilizados entre el server API y el sistema web, además de la relación representa QUERY y RESULT con la base de datos:

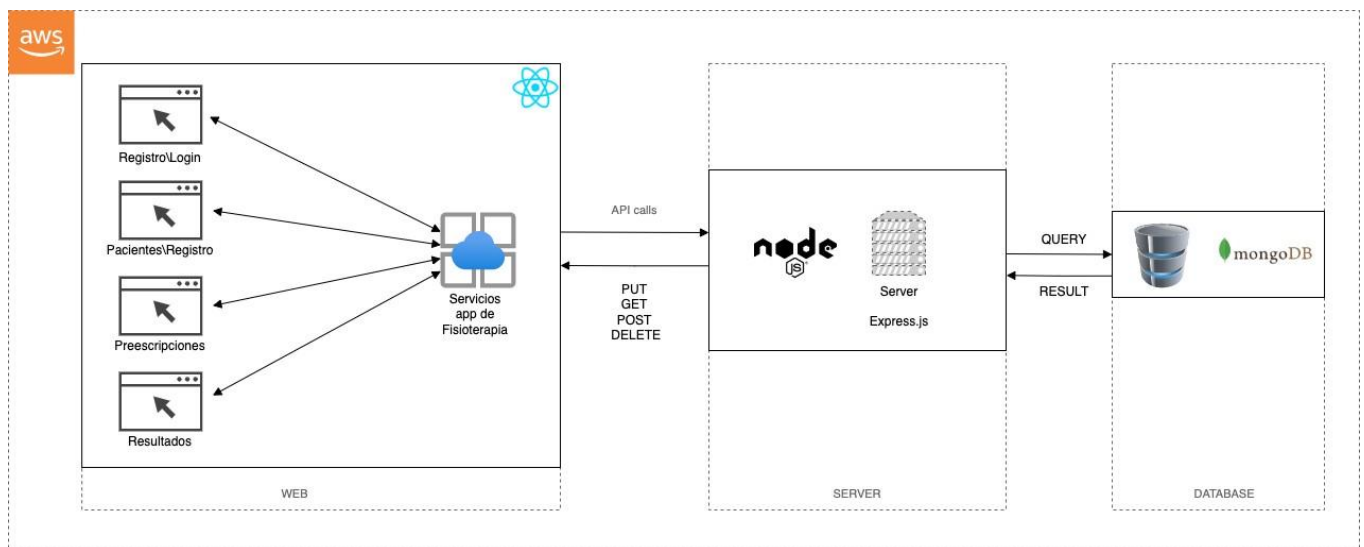


Figura 15: Arquitectura de aplicación web

Para el despliegue del sistema web en la nube se opta por utilizar AWS que permite el almacenamiento, mantenimiento de servidores y el acceso a bases de datos establecidas, el diagrama de a continuación de la figura 16 muestra el flujo del despliegue de la información, contando con una instancia Lightsail de AWS donde se encuentra el sistema web que proporciona el sitio web del mismo.

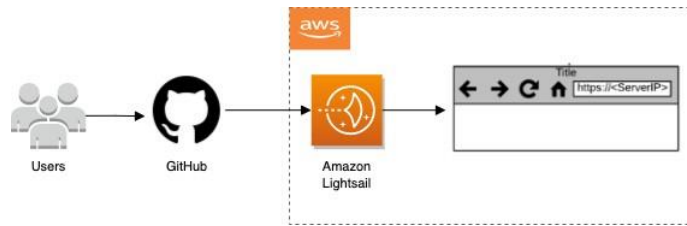


Figura 16: Arquitectura de despliegue del sistema web

Las tecnologías web de implementación utilizadas JavaScript y React son las más utilizadas para desarrollo web en la actualidad por que permiten la creación de animaciones, formularios, desarrollo basado en componentes y distintos elementos web, también se utiliza para del servidor API, Node.js que permite construir aplicaciones de red que son compatibles con plataformas en Linux, SunOS, Mac OS X y Windows [45] [46].

10.1. API

Se implementó el proyecto API con los servicios de comunicación que se definieron en base a los requerimientos priorizados, se utiliza en este caso Postman la herramienta que permite realizar pruebas API, se describen a continuación:

10.1.1. Comunicación local entre aplicación Web y API

1. **Servicio de autenticación:** Se crea el servicio *authenticateUser* que permite el acceso a la información de los datos del usuario, en este caso, el usuario tipo fisioterapeuta y tipo paciente, con la petición en el ejemplo de a continuación se obtiene el token de validación, el cual sera necesario para acceder a los otros servicios que requieren autorización como se muestra en la figura 17:

10.2. Servidor Virtual

Para dejar el proyecto API en la nube y tener la url publica para el acceso del usuario final, se crea el servidor virtual en AWS lightsail, lo cual es una herramienta que brinda la creacion y gestión de instancias para aplicaciones web. En este caso contamos con dos instancias una para la base de datos y otra para la aplicación como se muestra en la figura 23:.

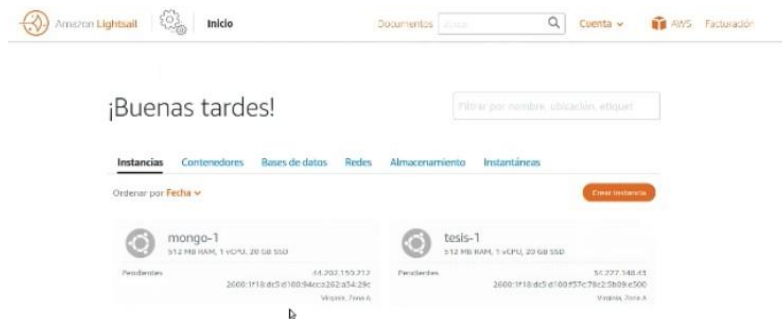


Figura 23: Creación de instancias en AWS

Por lo tanto, se puede gestionar como una red virtual privada para que la aplicación web se conecte con la base de datos y se pueda gestionar su acceso mediante la vinculación con una IP estática como se muestra en la figura 24:



Figura 24: Vinculación IP estática

La instancia para el proyecto software de fisioterapia respiratorio que incluye un proyecto de desarrollo web y un API quedó definido como se muestra en la figura 25:

2. Servicio de consulta a todos los pacientes online:

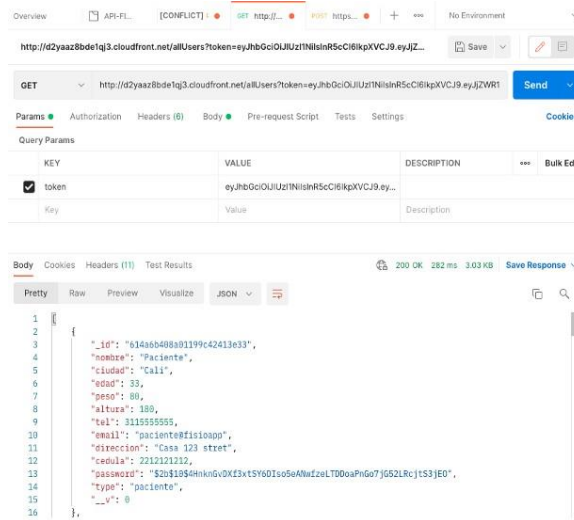


Figura 27: Petición get en Postman para ver todos los usuarios

3. Servicio de prescripción online:

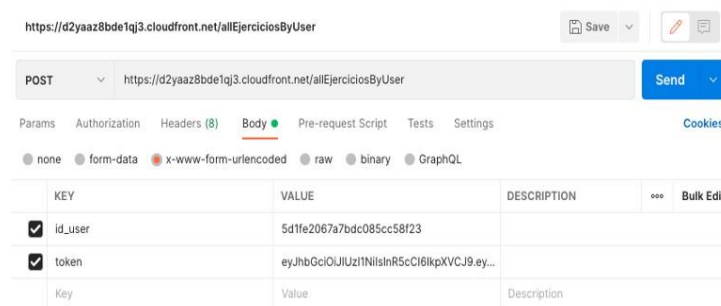


Figura 28: Petición post en Postman para ver prescripción de paciente

4. **Servicio para crear un usuario:** Para crear un usuario que se va a registrar en la aplicación es necesario tener en cuenta revisar el servicio `allUsers` para no repetir la cédula, dado a que es un campo obligatorio que se va validar como se muestra en la figura 29:

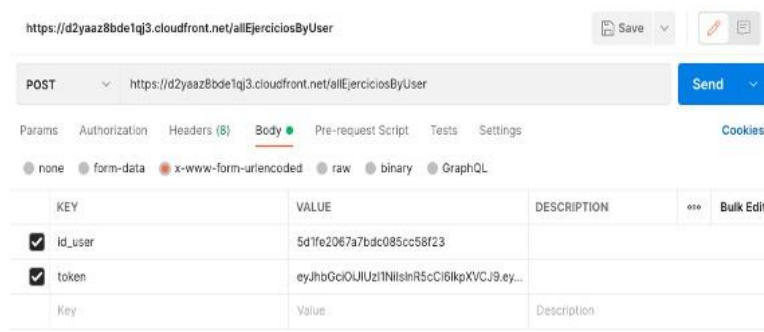


Figura 29: Petición post en Postman para la creación de un paciente

5. Servicio para cargar resultados del paciente:

Para el envío de los resultados del paciente se requiere preferiblemente la generación de un archivo json por medio de una url para ser leída desde la aplicación como se muestra en la figura 30, 31 y 32:

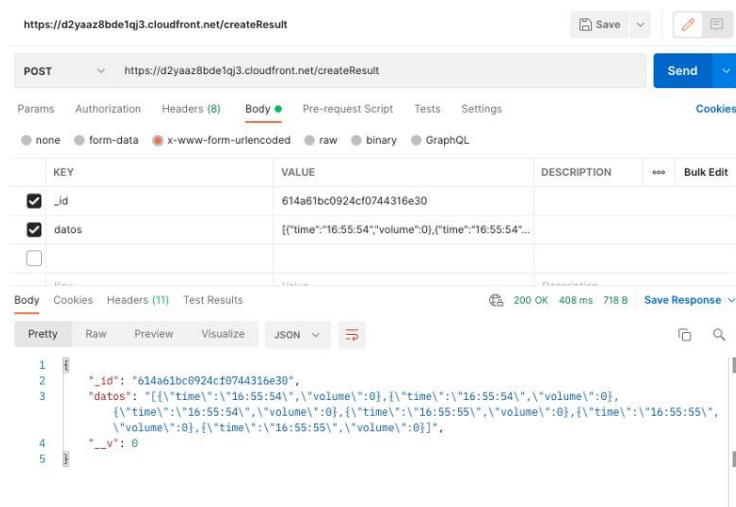


Figura 30: Petición post en Postman para cargar un resultado de un paciente

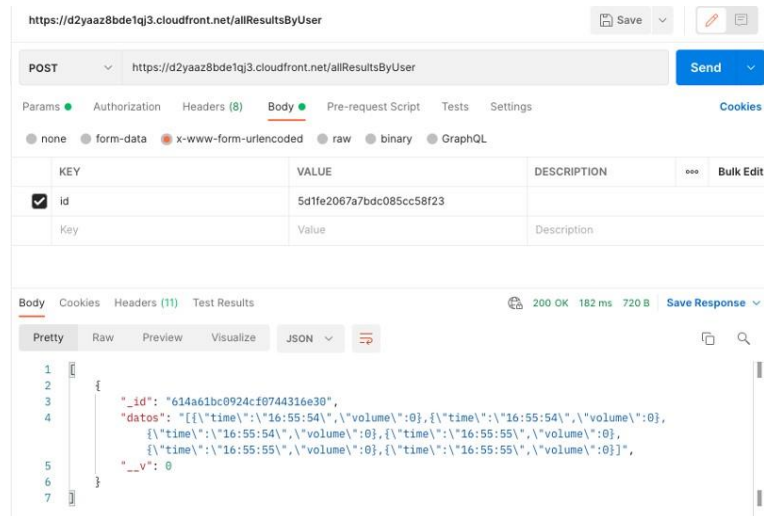


Figura 31: Petición post en Postman para cargar todos los resultados

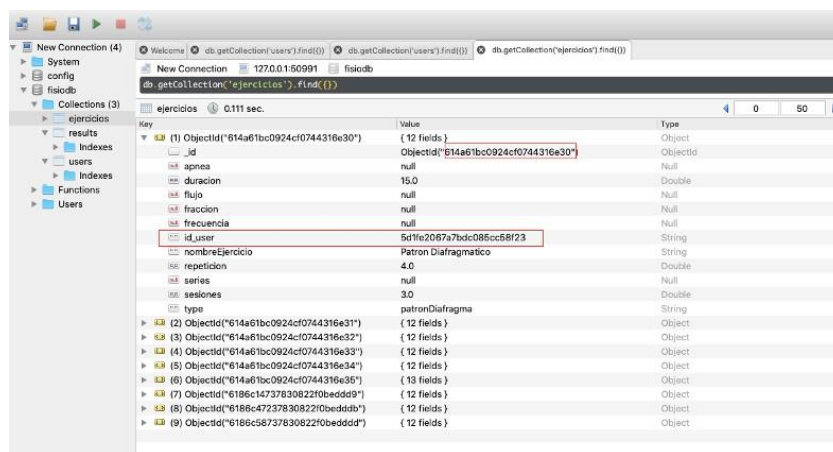


Figura 32: Configuración en mongo entre el id de usuario y ejercicio

11. Aplicación Web

En esta sección se explica las utilidades de React para el desarrollo de la interfaz de usuario del sistema software de fisioterapia.

La aplicación web es desarrollada bajo los conceptos de Semantic UI, framework para crear diseños de interfaces de manera responsive utilizando HTML y CSS que permite la creación de componentes React, HTML para la creación de formularios y CSS para el estilo de cada página web [47].

11.1. Funciones de React

A continuación se describen las funciones de React y NodeJS que se utilizaron en el desarrollo del sistema web:

- **Controlers:** Tanto en la aplicación web como para el desarrollo de un API REST con NodeJS se permite la función de componentes controlados, especialmente para el desarrollo del API se desarrollan controladores y rutas que toman las acciones especificadas en la codificación.
- **Reducers:** Redux conocido como un contendedor predecible del estado de aplicaciones JavaScript [48]. Su uso en React para permitir describir la interfaz de usuario como una función de estado, es decir emite actualizaciones de estado en respuesta a acciones.
- **Routers:** Como conjunto de componentes de navegación que se utilizaron en la aplicación web y por lo cual se permitió establecer rutas como: home, inicio de sesión, etc. como también la realización de redirecciones a otras páginas según ciertas condiciones [49].
- **Models:** esta función utilizada para el desarrollo del backend de la aplicación web. Se crean modelos y entidades en NodeJS que van a representar a una entidad en la base de datos y más concretamente a un único registro o documento de la base de datos.

11.2. Prototipo Funcional del Sistema Web

En esta sección se presenta el prototipo funcional del sistema donde se especifica en detalle las funcionalidades

11.2.1. Inicio de sesión para usuarios

El usuario tanto paciente como fisioterapeuta respiratorio cuenta con el ingreso de sesión como se muestra en la figura 33:

Fisioterapia Respiratoria

👤 1212121212

🔒

Entrar

[¿Nuevo Usuario? Registrarse](#)

Figura 33: Inicio de sesión

11.2.2. Lista de usuarios

El fisioterapeuta tiene fijada una lista de pacientes que se presenta por cédula y por nombre, en esta vista de la interfaz, el fisioterapeuta puede ver la prescripción del paciente seleccionado, eliminar o registrar un paciente ver su prescripción como se muestra en la figura donde se tienen usuarios de prueba registrados 34:

FISIO APP
Inicio
Mi Cuenta ▾

Lista de pacientes

Cedula	Nombre	Acciones
2212121212	Paciente	Eliminar > Ver >
3212121212	Paciente 2	Eliminar > Ver >
4212121212	Paciente 3	Eliminar > Ver >
1111111111	Carlos	Eliminar > Ver >
1144083812	Diana Carolina Munoz Hurtado	Eliminar > Ver >
		+ Agregar >

Figura 34: Lista de pacientes

Para registrar un nuevo paciente se requiere los datos que se muestran a continuación en la figura 35, donde es importante definir también el tipo de usuario ya sea paciente o fisioterapeuta:

Registro de Usuario

Nombre

Ciudad

Edad

Sexo

Peso

Altura

Telefono

Email

Direccion

Cedula

Tipo usuario

Password

Figura 35: Registro de pacientes

11.2.3. Información de pacientes

Se despliega la información de los pacientes, con la opción de cargar una imagen personalizada previamente disponible, en esta ventana encuentra la opción de ver las prescripciones asignadas y agregar una nueva, como se muestra en la figura 36:

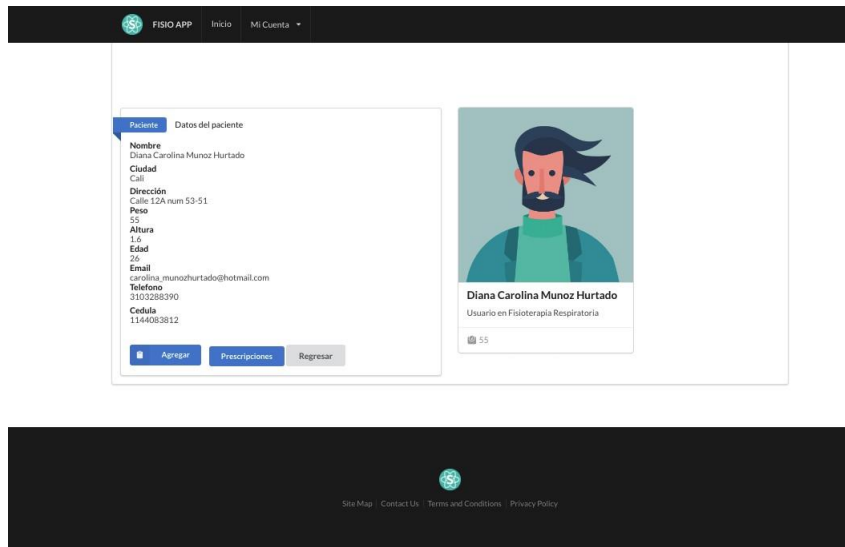


Figura 36: Datos del paciente

En la ventana anterior en la opción agregar puede agregar la prescripción que necesita registrar con los datos necesarios como se muestra en la figura 37:

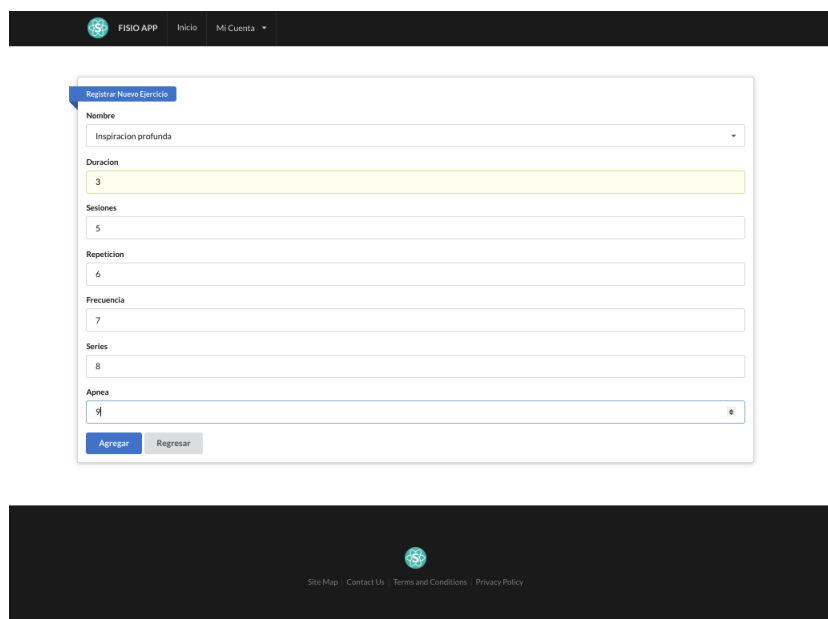


Figura 37: Registrar una prescripción

En la prescripción del paciente el fisioterapeuta podrá ver para el paciente seleccionado, la

capacidad vital calculada por el sistema dados los datos del paciente, también puede ver los indicadores de fisioterapia que han sido asignados al paciente previamente en la figura 38:

Figura 38: Prescripción asignada a un paciente

11.2.4. Visualización de resultados

Para cada uno de las prescripciones realizadas el fisioterapeuta respiratorio tiene la posibilidad de ver el comportamiento de los resultados mediante la gráfica presentada con la opción *ver resultados* en la figura 40 se puede observar dos graficas, la primera de flujo que representa los datos recibidos desde el sistema móvil que previamente ya procesó antes de su envío, la segunda grafica de volumen, que se calcula a partir de los datos de flujo entregados. Para el calculo de los datos de volumen se realiza una suma con los datos de flujo, como se puede ver en el ejemplo 39:

Time Serie 0 (Seg)	Flow Serie 0 (CC/Seg)	Vol Serie 0 (CC)	Inspiración
0.017	36	36	1
3.017	26	62	1
6.018	27	89	1
9.018	38	127	1
12.019	370	497	1
15.02	1330	1827	1
18.02	19	19	0
21.021	27	46	1
24.022	16	62	1
27.022	39	101	1
30.023	28	129	1
33.024	260	389	1
36.024	1400	1789	1
39.025	28	28	0
42.025	24	52	1
45.026	21	73	1
48.027	22	95	1
51.027	21	116	1
54.028	300	416	1
57.028	860	1276	1
60.029	29	29	0

Figura 39: Ejemplo de cálculo de los datos de volumen

También se puede observar que la visualización permite conocer cada uno de los puntos de la gráfica con el marcador de referencia que se presenta cuando se recorre la gráfica :



Figura 40: Visualización de flujo respiratorio

11.3. Pruebas del sistema web

11.3.1. Prueba de validación de envío de datos por paciente

Con el objetivo de comprobar el procedimiento de carga de resultados por paciente desarrollado, en esta prueba se valida el flujo de envío de datos hasta lograr la visualización de las gráficas de los resultados en la aplicación web como se observa en la figura 41:

Se valida la existencia del usuario tipo paciente en la plataforma:

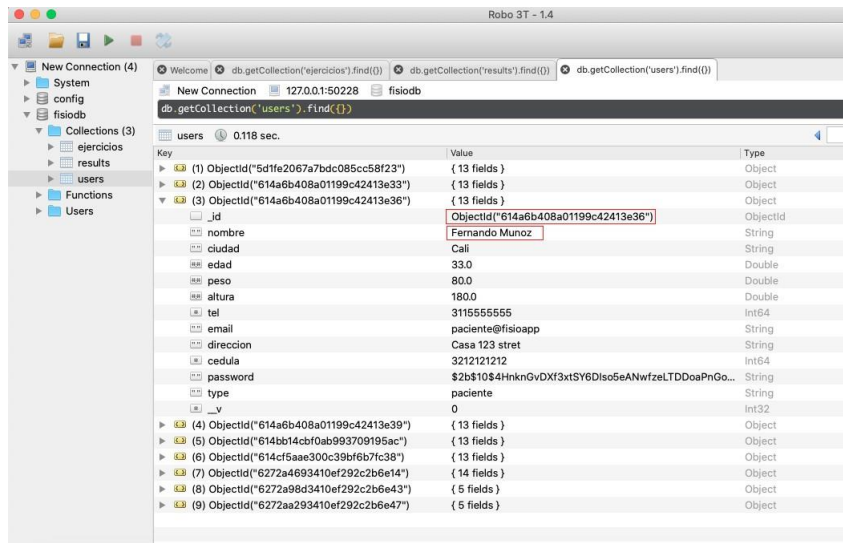


Figura 41: Validación de usuarios en base de datos

En la base de datos, en la colección de ejercicios, se valida que el usuario tipo paciente tenga asignado un ejercicio en la figura 42:

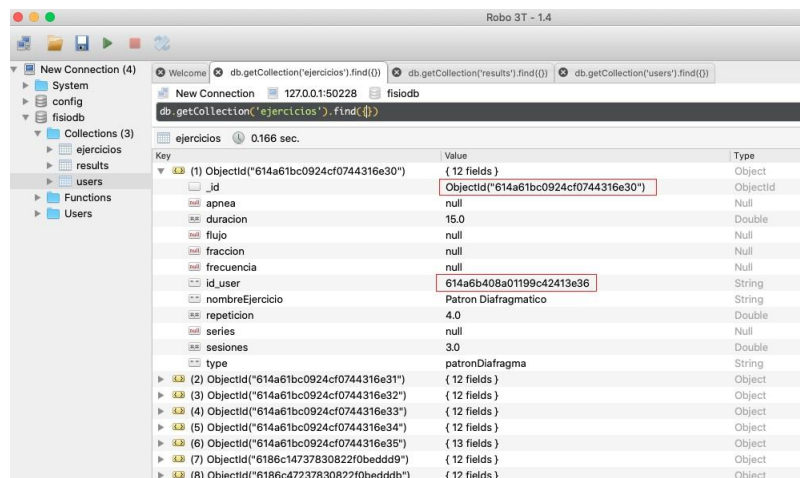


Figura 42: Validación de ejercicios en base de datos

Desde la herramienta Postman que permite la carga de los resultados de prueba, se valida que el envío de datos sea satisfactorio como se observa en la figura 43:

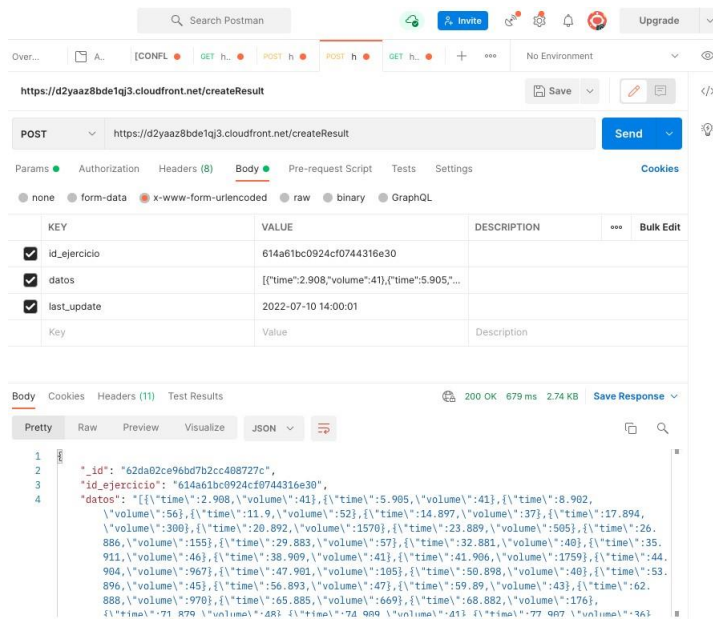


Figura 43: Validación de envío de datos

Se valida que la carga de resultados se actualice en la base de datos como se observa en la figura 44:

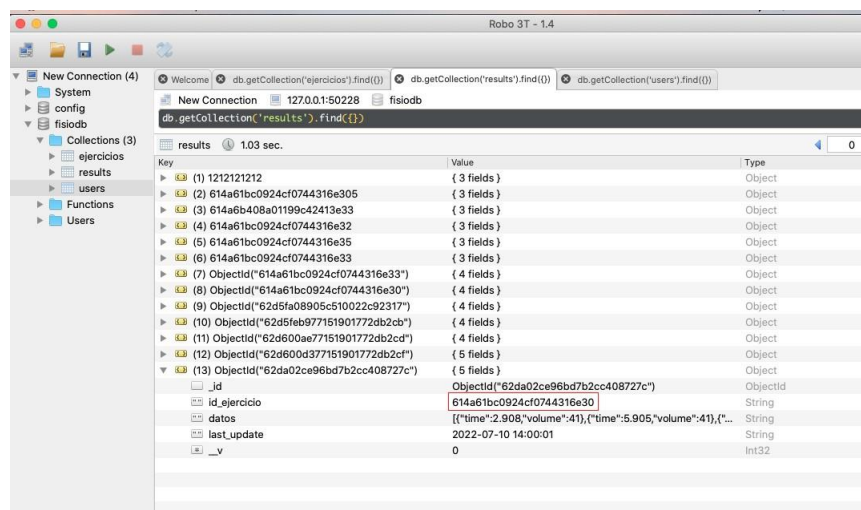


Figura 44: Validación de carga de resultados

Se realiza doble verificación en la consola del servidor en web como se observa en la figura 45:

```

> project:react-op@01.0.0 comenzar /home/ubuntu/.ssh/TesisFisioterapiaAPI
> nodemon index.js

[nodemon] 2.0.12
[nodemon] to restart at any time, enter `rs`
[nodemon] watching path(s): *.*
[nodemon] watching extensions: js,mjs,json
[nodemon] starting 'node index.js'
5801
Conectamos mongo y el servidor
{ id: 'ejercicio: 614a61bc0924c40744316e30',
  datos:
   [ { time: 12.988, volume: 41, time: 5.995, volume: 41, time: 10.992, volume: 56, time: 11.9, volume: 52, time: 14.897, volume: 37, time: 17.894, volume: 388, time: 20.892, volume: 1570, time: 23.889, volume: 505, time: 26.886, volume: 155, time: 29.883, volume: 57, time: 32.881, volume: 40, time: 35.911, volume: 46, time: 38.909, volume: 41, time: 41.906, volume: 1759, time: 44.904, volume: 967, time: 47.901, volume: 185, time: 50.898, volume: 40, time: 53.896, volume: 45, time: 56.893, volume: 47, time: 59.89, volume: 43, time: 62.888, volume: 970, time: 65.885, volume: 169, time: 68.882, volume: 170, time: 71.879, volume: 48, time: 74.889, volume: 41, time: 77.887, volume: 29, time: 80.884, volume: 42, time: 83.881, volume: 246, time: 86.878, volume: 142, time: 89.895, volume: 183, time: 92.892, volume: 49, time: 95.889, volume: 59, time: 98.887, volume: 62, time: 101.884, volume: 50, time: 104.881, volume: 1380, time: 107.878, volume: 1650, time: 110.898, volume: 157, time: 113.895, volume: 49, time: 116.902, volume: 32, time: 119.9, volume: 155, time: 122.897, volume: 55, time: 125.894, volume: 129, time: 128.891, volume: 1722, time: 131.889, volume: 613, time: 134.886, volume: 74, time: 137.884, volume: 47, time: 140.882, volume: 30, time: 143.879, volume: 47, time: 146.91, volume: 240, time: 149.907, volume: 1360, time: 152.905, volume: 309, time: 155.903, volume: 14, time: 158.9, volume: 49, time: 161.897, volume: 45, time: 164.895, volume: 33, time: 167.893, volume: 4, time: 170.89, volume: 1594, time: 173.888, volume: 690, time: 176.885, volume: 81, time: 179.882, volume: 46, time: 182.88, volume: 46, time: 185.911, volume: 33, time: 188.908, volume: 51, time: 191.906, volume: 1580, time: 194.904, volume: 584, time: 197.901, volume: 173, time: 200.898, volume: 47, time: 203.896, volume: 50 },
  last_updated: '2022-07-10 14:00:01' )

```

Figura 45: Validacion de datos en servidor web

Desde la aplicación web, ingresamos a validar estos datos del usuario tipo paciente seleccionado inicialmente como se observa en la figura 46::

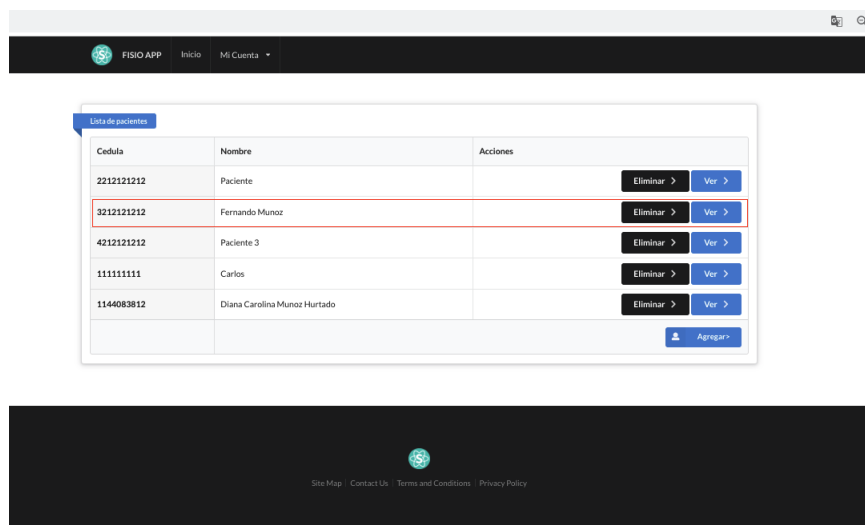


Figura 46: Validación de usuarios en aplicación web

Se presenta la prescripción asignada al paciente con fecha y hora de la data enviada inicialmente como se observa en la figura 47:

Figura 47: Validación de datos de prescripción

Finalmente las gráficas flujo y volumen de resultados enviados al paciente como se observa en la figura 48:

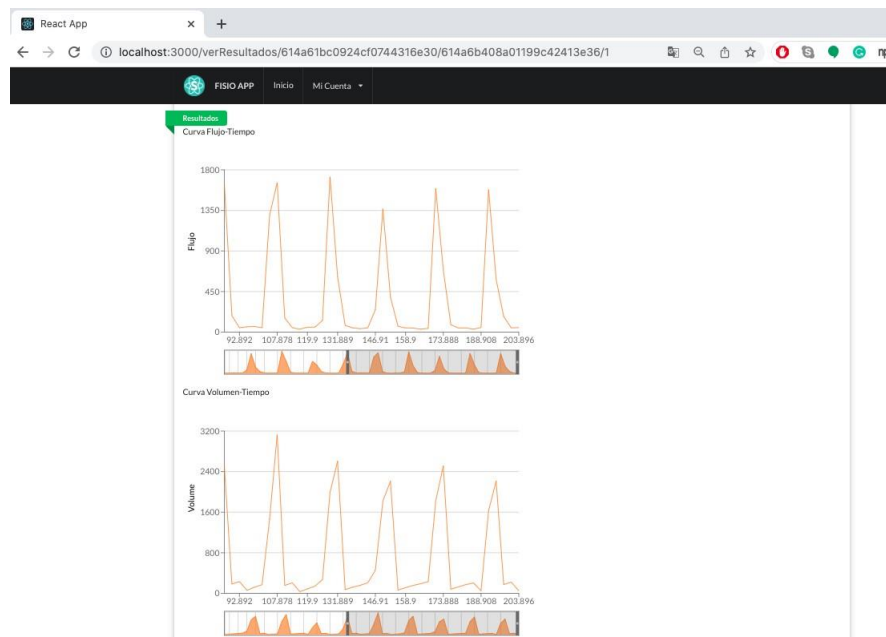


Figura 48: Validación de resultados

11.3.2. Prueba de validación de conexión envío de datos por paciente con el sistema móvil

A continuación en la figura 49, 50, 51 y 52 la prueba realizada con la conexión del sistema móvil encargado del recibimiento de las prescripciones y el envío de resultados al paciente:

Inicio del sistema móvil para fisioterapia:

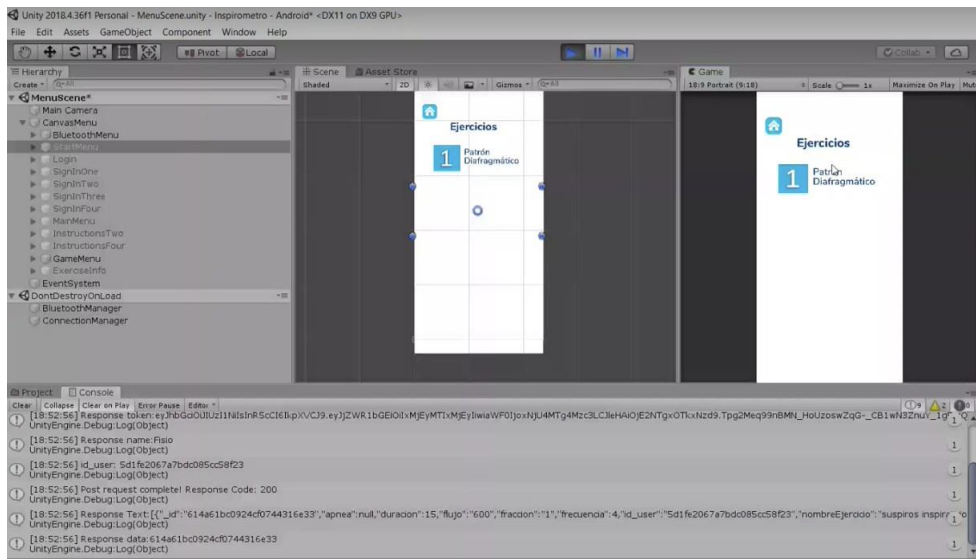


Figura 49: Inicio de fisioterapia desde sistema móvil

Estructura de envío de resultados desde el sistema móvil:

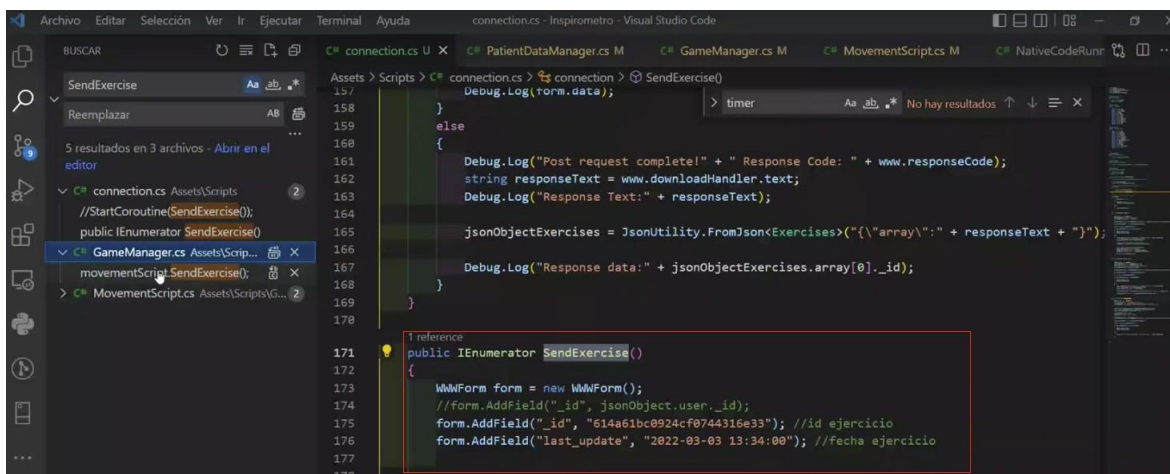


Figura 50: Estructura de envío de datos desde sistema móvil

Evidencia de los datos enviados desde el sistema móvil:

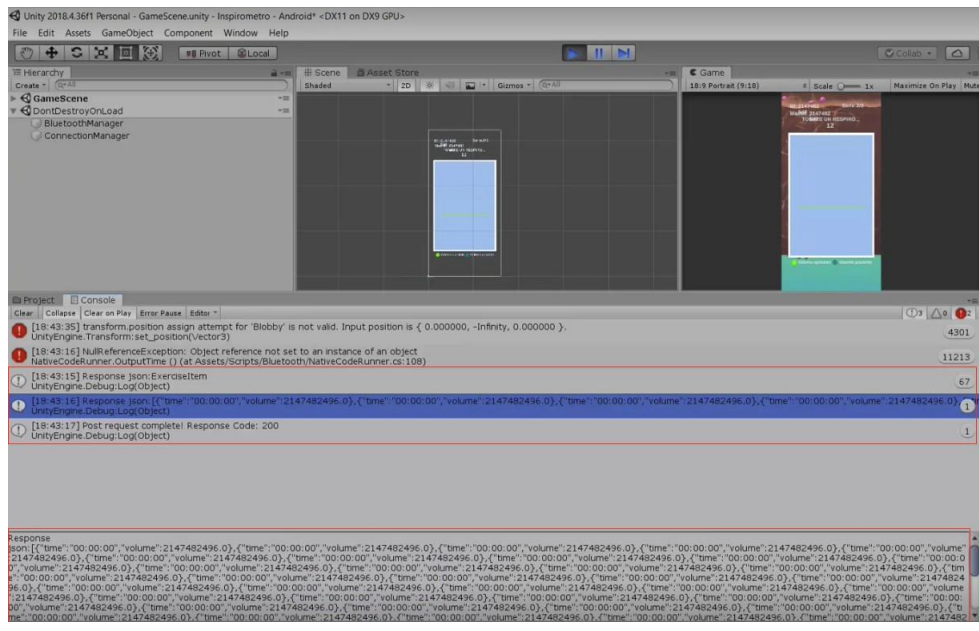


Figura 51: Evidencia de resultados desde el sistema móvil

Evidencia de los datos registrados en el servidor web:



Figura 52: Evidencia de resultados en el servidor

11.3.3. Prueba de validación de resultados y gráficas

Durante la validación de los resultados mostrados a los fisioterapeutas, se presento un desfase en las gráficas de volumen debido a la cantidad de datos que se estaban registrando, este desfase producía un error en el zoom o acercamiento en la visualización de los datos con la función de acercamiento de la gráfica que se debía particularmente a tener muy poca cantidad de datos, cuando el zoom estaba esperando una escala mayor para poder visualizar, por lo tanto, al reducir esta escala se soluciona el problema de desfase y se tiene un mejor acercamiento de cada uno de los datos como se observa los resultados en la figura 53 y después del ajuste en la figura 54.

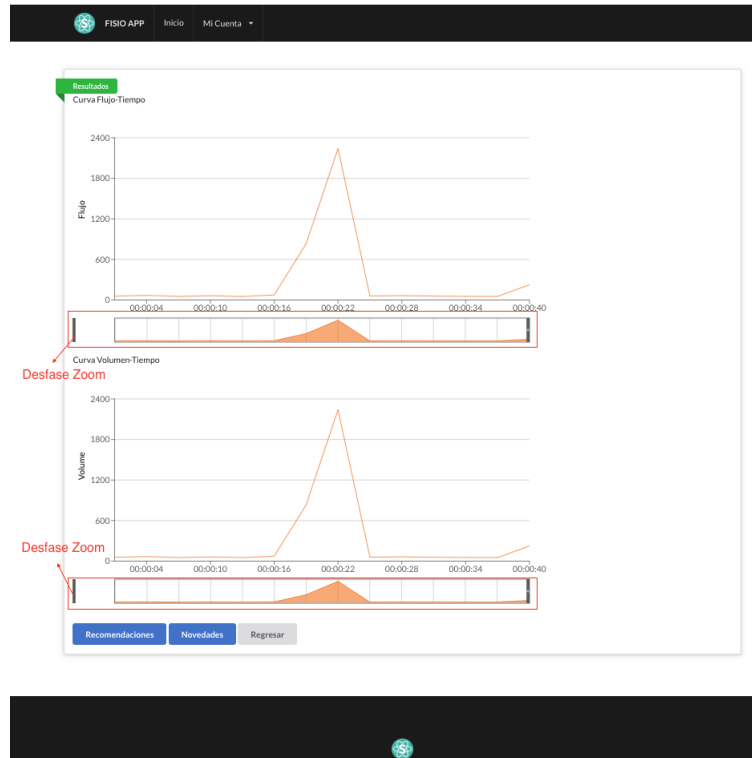


Figura 53: Evidencia de resultados con error y desfase



Figura 54: Evidencia de resultados con desfase resuelto

11.3.4. Prueba de validación de resultados con personas adultas sin alteración de la función pulmonar

Las pruebas realizadas se hacen con usuarios parte del proyecto que han validado el funcionamiento para cumplir con toda la integración que requiere el sistema web en conjunto con el sistema móvil para la toma y muestra de datos.

1. La paciente Elizabeth con los datos tomados como se muestra en la figura 55:

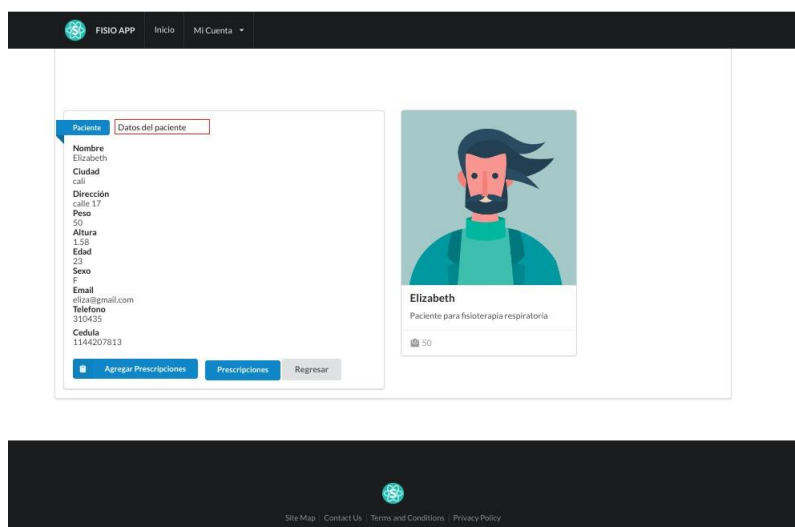


Figura 55: Datos registrados paciente Elizabeth

Tiene registrada la prescripción como se muestra en la figura 56:

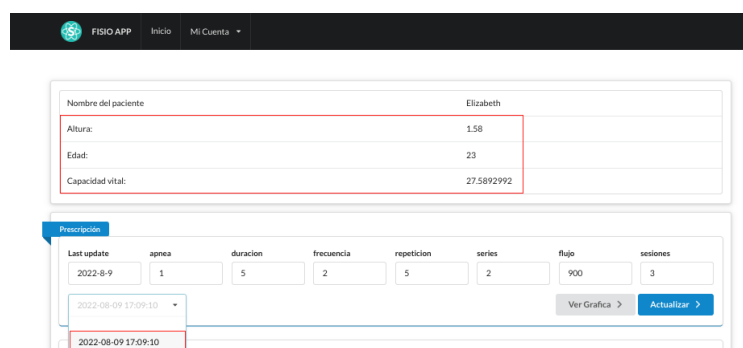


Figura 56: Prescripción para Elizabeth

Al realizar el ejercicio con los datos enviados de prescripción, los resultados son los que se muestran a continuación en la figura 57:

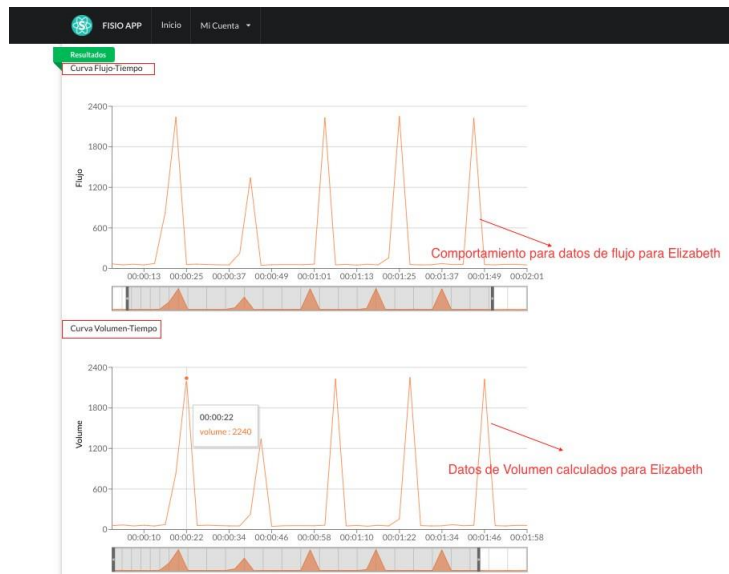


Figura 57: Resultados para Elizabeth

2. La paciente Melissa con los datos tomados como se muestra en la figura 58:

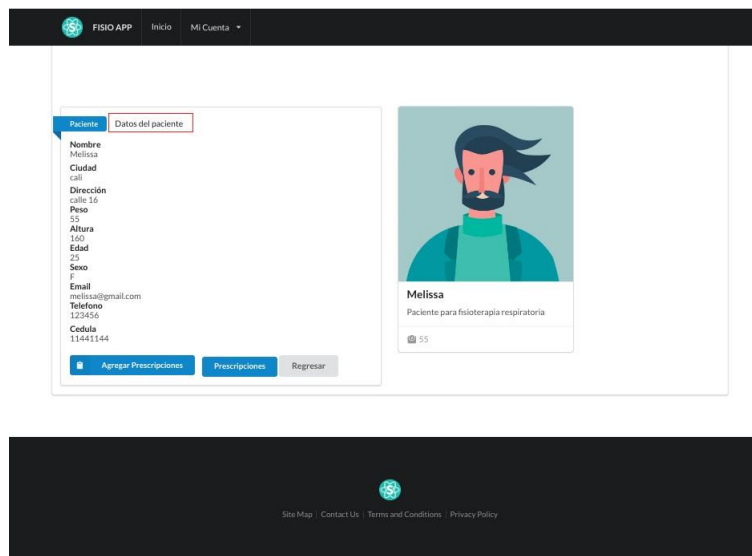


Figura 58: Datos registrados paciente Melissa

Tiene registrada la prescripción como se muestra en la figura 59:

FISIO APP Inicio Mi Cuenta

Nombre del paciente	Melissa
Altura:	160
Edad:	25
Capacidad vital:	23.15

Prescripción

Last update	apnea	duracion	frecuencia	repeticion	series	flujo	sesiones
2022-8-9	0	3	2	1	3	900	3

Seleccione datos Ver Grafica Actualizar

Last update	Nombre Ejercicio	apnea	duracion	frecuencia	repeticion	series	flujo	sesiones
2022-8-9	Inspiracion F	1	30	3	10	1	900	20

Seleccione datos Ver Grafica Actualizar

Last update	Nombre Ejercicio	apnea	duracion	frecuencia	repeticion	series	flujo	sesiones
2022-8-9	Espiracion A	0	3	2	3	2	900	20

Seleccione datos Ver Grafica Actualizar

Figura 59: Prescripciones para Melissa

Al realizar el ejercicio con los datos enviados de prescripción, los resultados son los que se muestran a continuación en la figura 60:

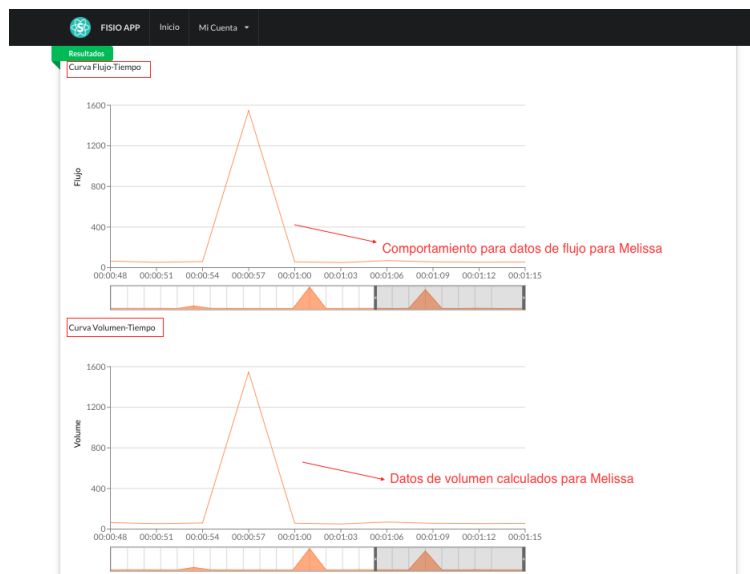


Figura 60: Resultados para Melissa

Como se evidenció en estas pruebas se contó con usuarios que cumple las características de personas adultas sin alteración de la función pulmonar.

11.4. Código

- **Aplicación web:** <https://github.com/DianaCarolinaMunoz/TesisFisioterapia.git>
- **Proyecto API:** <https://github.com/DianaCarolinaMunoz/TesisFisioterapiaAPI.git>

12. Conclusiones y Recomendaciones

- Con la metodología TRIZ se logró el análisis, extracción y construcción de los requerimientos funcionales del sistema web.
- El sistema software de fisioterapia respiratoria permitió brindar el primer acercamiento digital para analizar el comportamiento de un paciente en rehabilitación la función pulmonar.
- Con el procedimiento de las buenas practicas de diseño de software, se logró el levantamiento y clasificación de los requerimientos que permitieron reconocer la arquitectura para un software de fisioterapia respiratoria.
- El software web integrado a un inspirómetro permitió desarrollar técnicas de fisioterapia respiratoria estándar para el envío y visualización de datos de un paciente.
- React como biblioteca de JavaScript de código abierto permite crear interfaces de usuario interactivas de forma sencilla, permitiendo el diseño de vistas adecuadas a los requerimientos.
- El framework *Semantic UI* utilizado para el diseño de la interfaz de usuario permitió contar con la variedad de diseños para los componentes utilizados, además de su diseño responsivo.
- El servidor virtual lightsail de Amazon permitió el despliegue, administración y comunicación de la solución web con el sistema móvil de envío de datos de un paciente.
- Con las pruebas realizadas y los debidos ajustes se logró cumplir los objetivos planteados, en cuanto a brindar una plataforma web para realizar una fisioterapia respiratoria, realizar la integración del software mediante una comunicación con un API y validar el funcionamiento en tiempo real con usuarios sin alteración de la función pulmonar.
- Con el desarrollo de este sistema web se contribuye a los modelos de atención de telemedicina y asistencias médicas especializadas.
- Las tecnologías de implementación utilizadas hacen parte de las recomendaciones generales para la construcción de sistemas web, es importante tener en cuenta que realizar un estudio de tecnologías para estos sistemas permite ampliar los criterios de selección.
- Las pruebas realizadas se enfocaron en la comunicación con el sistema móvil externo y el manejo de los servicios desarrollados, por lo tanto, sólo se hizo el despliegue del API como producto en un servidor privado que requiere pagos adicionales para su uso.
- La plataforma web o interfaz de usuario se maneja con el código publicado y debe descargarse de manera local, internamente contiene las direcciones web que se comunican con el API. En caso de necesitar esta plataforma publica deben hacerse las debidas actualizaciones para el despliegue como un producto.

13. Trabajos Futuros

El prototipo sistema web de fisioterapia respiratoria desarrollado es un aporte a los proyectos de sistemas de salud especializados que tiene la universidad; este proyecto es escalable y continuando en investigación puede evolucionar adaptando nuevos requerimientos funcionales para el área de fisioterapia respiratoria. De esta forma, este desarrollo permite a los responsables proyectar una diversidad de funcionalidades para un software de telemedicina. Este proyecto tiene las características de un producto mínimo viable para que pueda ser usado como plataforma médica, el enfoque de este software como producto es el paso siguiente para que pueda ser distribuido y se manejen las funcionalidades como servicios.

Referencias

- [1] A. G. Conesa, "Impacto de la pandemia de covid-19," National library of medicine, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7665877/>.
- [2] A. A. para la terapia Física, "Guía para la practica fisioterapéutica," Introducción a la guía para la practica fisioterapéutica, 2014.
- [3] M. F. Lutfi, "Mthe physiological basis and clinical significance of lung volume measurements (2017)," BMC, BMC Medicine.
- [4] D. Rivero-Yeverino, "Espirometría, conceptos básicos," <https://www.redalyc.org/journal/4867/486759560009/html/>.
- [5] P. U. J. Cali, "Sistema incentivo respiratorio para expansión pulmonar en pacientes con covid-19," Informe de ejecución del proyecto.
- [6] J. R. M. Cruz, "Las ventanas de triz, aplicaciones," Revista de divulgación científica y tecnologica de la universida de Nuevo Leon, <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=1420>.
- [7] AWS, "¿qué es una api?" <https://aws.amazon.com/es/what-is/api>.
- [8] I. C. Agustín, "Volúmenes pulmonares," Medicina.
- [9] M. Dictionary, "Medical diagnosis," <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/medical+diagnosis>.
- [10] G. M. C. O. H. a. . Karen L. Wood, MD, "Flujo de aire, volúmenes pulmonares y curva de flujo-volumen," Manual MSD, <https://www.msmanuals.com/es-co/professional/trastornos-pulmonares>.
- [11] Normalbreathing.com, "Normal respiratory frequency and ideal breathing," <https://www.normalbreathing.com/rate/>.
- [12] infoQ, "The c4 model for software architecture," <https://www.infoq.com/articles/C4-architecture-model/>.
- [13] A. H. Chávez, "Prescripción," Medicina.
- [14] B. Dictionary, "Oxygen saturation," <https://biologydictionary.net/oxygen-saturation/>.
- [15] S. N. Ibrahim, "Development of portable digital spirometer using ni sbrio," IEEE published., <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8311987>.
- [16] TeachPE.com, "Respiratory volumes," <https://www.teachpe.com/anatomy-physiology/respiratory-volumes>.
- [17] Semana, "Se registran mas de 62,4 millones de casos de covid-19 en el mundo, noviembre, 2020," <https://www.semana.com/internacional/articulo/casos-de-coronavirus-en-el-mundo-hoy-domingo-29-de-noviembre-de-2020/308359/>.

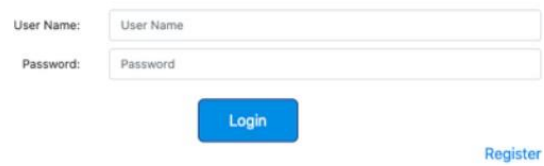
- [18] www.statista.com, "Distribution of coronavirus (covid-19) cases in select countries worldwide as of november 9, 2020," <https://www.statista.com/statistics/1111696/covid19-cases-percentage-by-country/>.
- [19] C. Farmaindustria, "Covid-19 prueba que el modelo de i+d sustentado en la protección industrial funciona," FarmaIndustria, <https://www.farmaindustria.es/web/otra-noticia/haber-tenido-en-tiempo-record-varias-vacunas-contra-la-covid-19-prueba-que-el-modelo-de-id-sus>
- [20] M. de Salud y Protección Social, "Plan de transformación digital pdt 2020-2022," <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/Plan-de-Transformacion-Digital-MSPS-2020-2022.pdf>.
- [21] Elsevier, "Rehabilitación respiratoria en pacientes con covid-19," <https://www.elsevier.es/es-revista-rehabilitacion-120-articulo-rehabilitacion-respiratoria-pacientes-con-covid-19-S00487120>
- [22] M. de tecnologías de la información, "Agenda estratégica de innovación, tic 2018 - 2019," https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-6118_recurso_2.pdf/.
- [23] X. González, "Telemedicina, acceso maás fácil a los servicios de salud por parte de todos los usuarios," LR La republica, <https://www.larepublica.co>.
- [24] M. de salud y protección social, <https://www.minsalud.gov.co>.
- [25] A. L. Marta Lazzeri, "Respiratory physiotherapy in patients with covid-19 infection in acute setting: a position paper of the italian association of respiratory physiotherapists (arir) (2020)," Monaldi Archives for Chest Disease.
- [26] Y. T. Yang LL, "Pulmonary rehabilitation for patients with coronavirus disease 2019 (covid-19), chronic diseases and translational medicine (2020)," <https://doi.org/10.1016/j.cdtm.2020.05.002>.
- [27] H. A. R. E.-S. Aly Rafea, Khaled Wagih and S. Yousef, "Flow-oriented incentive spirometer versus volume-oriented spirometer training on pulmonary ventilation after upper abdominal surgery (2009)." Egyptian Journal of Bronchology.
- [28] M. F. F. G. CM Dias, TR Placido and S. Menezes, "Incentive spirometry and breath stacking: Effects on the inspiratory capacity of individuals submitted to abdominal surgery (2008)." Revista Brasileira de Fisioterapia.
- [29] P. U. J. Cali, "Sistema incentivo respiratorio para expansión pulmonar en pacientes con covid 19 fase-i," Informe de ejecución del proyecto.
- [30] R. S. L. (2019), "Respiratory therapy instrument offering game-based incentives, training, and telemetry collection," patents.google.com, <https://patents.google.com/patent/US10506950B2>.
- [31] M. D. . Dwight Cheu, "Respiratory therapy device and system with integrated gaming capabilities and method of using the same," patents.google.com, <https://patents.google.com/patent/US20190134460A1>.

- [32] P. A. health Organization, "Teleconsultations during the pandemic," Pan American health Organization and World Health Organization websites.
- [33] D. Alejos Palomares, "Digital spirometer with labview interface," 18th International Conference on Electronics, Communications and Computers, 2008.
- [34] C. Carspecken, Arteta, "Telespiro: A low-cost mobile spirometer for resourcelimited settings," IEEE Point-of-Care Healthcare Technologies (PHT), 2013.
- [35] H. A, "Physiotherapy in respiratory and cardiac care: an evidence based approach," 4th Edition. Cengage Learning Cengage Learning, 2014. p186-189.
- [36] M. H. Ricardo Chavarriaga and J. Aguilar, "Multidisciplinary design of suitable assistive technologies for motor disabilities in colombia (2014)," IEEE, Global Humanitarian Technology Conference.
- [37] A. S. L. Licursi, "User-centered design of a customized assistive device to support feeding (2019)."
- [38] J.-P. N. Ricardo Duarte, Michel Mesnard, "An innovative design approach to develop external articular medical devices," International Journal on Interactive Design and Manufacturing (2017).
- [39] M. H. Ricardo Chavarriaga and J. Aguilar, "Multidisciplinary design of suitable assistive technologies for motor disabilities in colombia (2014)," IEEE, Global Humanitarian Technology Conference.
- [40] I. H. Prieto, "Fisioterapia respiratoria," Artículos de Fisioterapia.
- [41] D. F. J. J. S. Dr. Francesc Medina Mirapeix, "Fisioterapia," Artículos de Fisioterapia, <https://concept-of-physio.weebly.com/modelo-de-intervencioacuten-en-fisioterapia>.
- [42] R. J. A. Langhammer, "Valores de referencia de espirometría forzada," https://hmong.es/wiki/Vital_capacity.
- [43] D. R. Yeverino, "Espirometría: conceptos básicos," Scielo, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902019000100076#B9.
- [44] P. A. Publication, "Respiratory therapy device and system with integrated gaming capabilities and method of using the same," <https://patentimages.storage.googleapis.com/e3/b0/03/fefa9df55c113e/US20190134460A1.pdf>.
- [45] fullstackacademy.com, "The 9 best programming languages to learn in 2021," <https://www.fullstackacademy.com/blog/nine-best-programming-languages-to-learn>.
- [46] AWS, "Learn aws as a frontend developer," <https://aws.plainenglish.io/learn-aws-as-a-frontend-developer-38123f079cd0>.
- [47] F. O. S. (MIT), "Semantic ui," <https://semantic-ui.com/>.
- [48] F. O. Source, "Redux," <https://es.redux.js.org/>.
- [49] —, "React," <https://es.reactjs.org/docs/getting-started.html>.

14. Anexos

14.1. Prototipo Inicial del Sistema Web

Login - Fisioterapeuta



The login form consists of two input fields: 'User Name' and 'Password'. Below the 'Password' field is a blue 'Login' button. To the right of the 'Login' button is a blue 'Register' link.

Figura 61: Login

Home

[Home](#)
Bienvenida Doctora



The main menu contains two blue buttons: 'Pacientes' and 'Estadísticas de Uso de aplicación'.

Figura 62: Menú principal

Home/Pacientes

[Home](#) [Pacientes](#)

Lista de pacientes

+

Paciente 1

Paciente 2

Paciente 3

Paciente 4

Figura 63: Lista de pacientes

Home/Pacientes/Paciente1

[Home](#) [Pacientes](#) [Paciente 1](#)

Nombre Paciente 1

Edad:	Altura:
Talla:	Peso:
Sexo:	

Prescripción

Evolución

Consulta en línea

Historial Clínico

Figura 64: Modelo de paciente 1

Home/Pacientes/Paciente1/Fecha

[Home](#) [Pacientes](#) [Evolución](#) [Escoger Fecha para ver evolución](#)

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Jun 27 Inicio de Ejercicio ver						
4 ver		6 ver		8 ver		
	12 ver					
25 ver						

Figura 67: Modelo de registro de fecha

Home/Pacientes/Paciente1/Fecha/Evolución

[Home](#) [Pacientes](#) [Evolución](#)

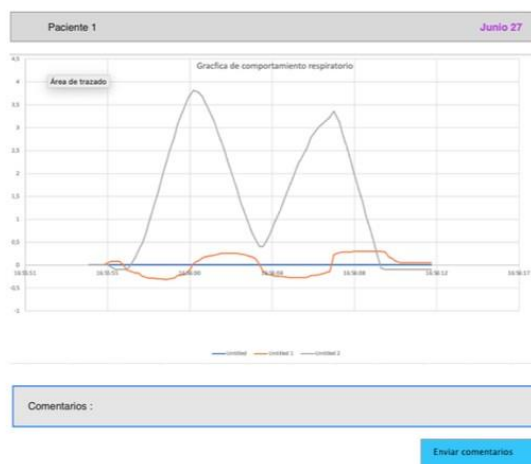


Figura 68: Modelo de Evolución del Paciente