
Sistema experto para la interpretación de Espiroimetría y Difusión pulmonar

Modalidad **DISEÑO DE INTERVENCIÓN**

Trabajo Final de Máster

Máster Universitario en Salud Digital

Autor/a: Fabiola Ibáñez Arenas

Tutor/a del TFM: Daniel Moreno Martínez

Noviembre 2022-Enero 2023



Esta obra está bajo una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.es>)

©opyright Reservados todos los derechos. Está prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la impresión, la reprografía, el microfilm, el tratamiento informático o cualquier otro sistema, así como la distribución de ejemplares mediante alquiler y préstamo, sin la autorización escrita del autor o de los límites que autorice la Ley de Propiedad Intelectual.

Índice

Resumen	5
Abstract	6
1. Introducción	7
1.1. Antecedentes	7
1.2. Situación actual en Chile	8
1.3. Justificación	10
2. Objetivos	12
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivos específicos	12
3. Metodología	13
3.1. Diseño del programa o intervención	13
3.2. Población diana	13
3.3. Equipo de trabajo	14
3.4. Pruebas de Función Pulmonar	14
3.5. Modelo de software	16
3.6. Actividades a realizar	17
3.7. Cronograma	19
3.8. Recursos necesarios y presupuesto	19
3.9. Consideraciones éticas	20
4. Plan de evaluación de la intervención	22
4.1. Evaluación de procesos	22
4.2. Evaluación de resultados	23
4.3. Evaluación de impacto	24
5. Aplicabilidad de la intervención	26
6. Conclusiones	28
7. Bibliografía	30
8. Anexos	35

Índice de figuras y tablas

Figura 1: Circuito actual de entrega de informes de pruebas de función pulmonar	9
Figura 2: Modelo de entrega de informes de pruebas de función pulmonar con Inteligencia Artificial	11
Figura 3 y 4: Informes tipo generados en espirómetro	16
Tabla 1: Coste real total	19
Tabla 2: Evaluación de procesos	22
Tabla 3: Evaluación de resultados	23
Tabla 4: Evaluación de impacto	25

Resumen

La espirometría y la capacidad de difusión de monóxido de carbono, son pruebas de función pulmonar que en los últimos años incrementaron su demanda, tanto en los servicios públicos como privados. Este aumento de solicitudes se vio fuertemente influenciado por la pandemia covid-19, debido a la utilidad que prestan en el diagnóstico, control, tratamiento, recuperación de esta y otras enfermedades pulmonares.

En la espirometría, existen patrones ventilatorios específicos según las normas establecidas por la Sociedad Torácica Americana y la Sociedad Respiratoria Europea que determinan normalidad, restricción u obstrucción, aún cuando en ocasiones se requiere complementar con la evaluación de volúmenes pulmonares u otros exámenes para un diagnóstico definitivo. De la misma forma, la capacidad de difusión de monóxido de carbono presenta patrones específicos de interpretación que indican normalidad o disminución leve, moderada o severa.

El objetivo de este proyecto fue diseñar un modelo para establecer una plataforma tecnológica para una central única de reportes de espirometría y capacidad de difusión de monóxido de carbono, basada en un sistema experto de interpretación que utiliza patrones ventilatorios internacionales específicos establecidos. Así, se podrá determinar la precisión y la variabilidad en la interpretación de los informes del modelo comparados con los realizados por los médicos broncopulmonares que trabajan en el laboratorio de función pulmonar para poder finalmente validar el sistema, mejorando los tiempos de entrega y la calidad de los informes.

Palabras clave

Espirometría, Capacidad de difusión de monóxido de carbono, Pruebas de función pulmonar, Sistema experto.

Abstract

Spirometry and carbon monoxide diffusion capacity are pulmonary function tests that in recent years have increased their demand, both in public and private services. This increase in requests was strongly influenced by the covid-19 pandemic, due to their usefulness in the diagnosis, control, treatment and recovery of this and other pulmonary diseases.

In spirometry, there are specific ventilatory patterns according to the norms established by the American Thoracic Society and the European Respiratory Society that determine normality, restriction or obstruction, even when sometimes it is required to be complemented with the evaluation of lung volumes or other tests for a definitive diagnosis. In the same way, carbon monoxide diffusion capacity presents specific patterns of interpretation that indicate normality or mild, moderate or severe decrease.

The objective of this project was to design a model to establish a technological platform for a single reporting center for spirometry and carbon monoxide diffusion capacity, based on an expert interpretation system that uses specific established international ventilatory patterns. Thus, it will be possible to determine the accuracy and variability in the interpretation of the model reports compared to those performed by bronchopulmonary physicians working in the pulmonary function laboratory in order to finally validate the system, improving turnaround times and report quality.

Key words

Spirometry, Carbon monoxide diffusing capacity, Pulmonary function tests, Expert system.

1. Introducción

Las enfermedades respiratorias son una de las principales causas de morbilidad, discapacidad y mortalidad en el mundo. Estas enfermedades se pueden presentar debido a que las personas al inhalar el aire exterior están expuestas a agentes nocivos en forma de partículas de contaminantes, agentes químicos y microorganismos, que están en suspensión. Otro segmento de la población está expuesta al humo tóxico producido por la combustión de combustible de estufas y chimeneas y otras al humo del tabaco directo o indirectamente (1). Dentro de las enfermedades respiratorias están las enfermedades pulmonares crónicas que actualmente son la tercera causa de muerte en el mundo, destacando la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), las bronquiectasias y el asma como las más prevalentes (2). Entre otras están las enfermedades pulmonares ocupacionales, hipertensión pulmonar, fibrosis pulmonar, etc.

Las pruebas de función pulmonar (PFT) son exámenes esenciales que apoyan el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de diversas patologías pulmonares. Una de las pruebas que se solicita con mayor frecuencia, es la espirometría, que mide tanto los litros de capacidad total respiratoria como la velocidad con la que es expulsado el aire (3). Otra prueba de función pulmonar que se realiza habitualmente y que adquirió mayor relevancia en pandemia covid-19, es la difusión pulmonar de monóxido de carbono (DLCO), la cual, indica el daño fisiológico causado por la enfermedad y mide el intercambio de gases a nivel de membrana alveolo/capilar (4).

Debido a la pandemia covid-19, ambas pruebas tuvieron un incremento, tanto en los servicios de salud públicos como privados, debido a su utilidad en el control, seguimiento y recuperación post enfermedad (5). Si bien, durante años se han propuesto modelos de interpretación de informes de ciertas PFT, este aumento en el volumen de este tipo de exámenes puede ser una oportunidad para mejorar los procesos de interpretación de los resultados.

1.1 Antecedentes

La literatura evidencia que existe una importante variabilidad (6) e inexactitud en los informes de espirometría y DLCO, debido a una falta de capacitación o entendimiento de la fisiología pulmonar, escasa familiaridad con las pautas establecidas y posibles lagunas mentales de los médicos informantes (7).

Algunos estudios han demostrado que un sistema experto puede ser utilizado como aprendizaje automático en los informes de estos exámenes, debido a que existen patrones ventilatorios específicos que se basan en las normas de American Thoracic Society (ATS) y la European Respiratory Society (ERS) (8) y que determinan la normalidad o anormalidad de una prueba. Por lo cual, el utilizar esta herramienta digital puede ir en beneficio de los médicos y pacientes (9) al estandarizar la interpretación de dichas pruebas.

Según la literatura, en 1983 Aikins et al., refiere un sistema de expertos (PUFF) (10) que interpreta los datos de las PFT, donde la concordancia con los médicos fue superior al 89%, sin embargo, tuvo dificultades de continuidad por la incompatibilidad de sistemas. Krumpel et al., utilizando los mínimos cuadrados, describe que un 90% de los pacientes tuvieron aceptabilidad de la interpretación de las pruebas por los médicos (11). Posteriormente Topalovic et al., describe un software basado en Inteligencia Artificial (IA) que alcanzó una concordancia con los médicos en un 100% de las interpretaciones de las pruebas y a la vez realizó un diagnóstico certero en un 82% (12). Wang Y et al., comparan un modelo basado en el aprendizaje profundo que utiliza curvas flujo-volumen, el cual, mejoró la precisión de detección de los patrones ventilatorios obtenidos de la espirometría con alta coherencia y eficiencia, principalmente en informes de médicos de atención primaria, quienes no tenían la capacitación necesaria para la interpretación de la prueba (13).

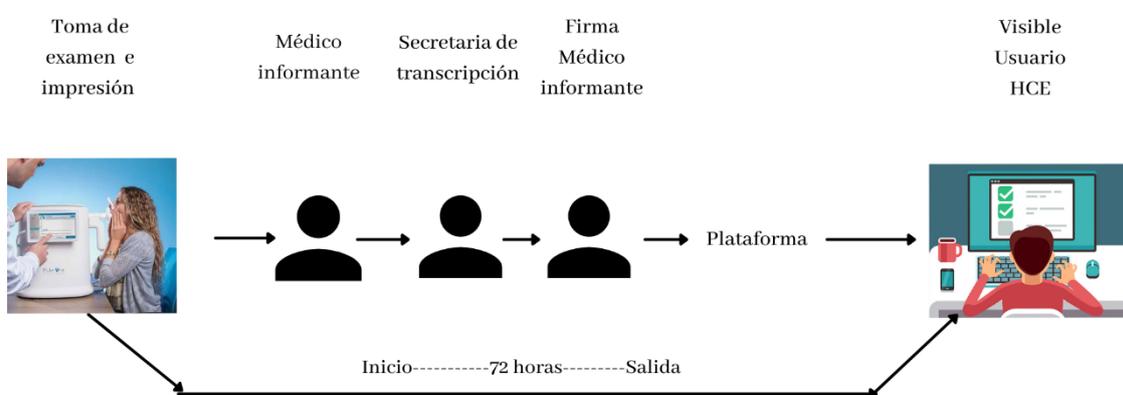
Si bien, actualmente y en algunas instituciones de salud existen sistemas inteligentes de interpretación de pruebas de función pulmonar, ya sea aquellos que vienen incorporados en los softwares de los equipos (7) o han sido desarrollos de las mismas entidades de salud; estos deben ser validados con estudios, ya que un mal desarrollo de un algoritmo puede incidir en una mala decisión médica o un mal diagnóstico.

1.2 Situación actual en Chile

En Chile, son escasos los laboratorios especialistas en PFT y una barrera que dificulta la realización de estos procedimientos es su forma geográfica, debido a que existen grandes distancias entre los extremos del país y escasa preparación de profesionales capacitados, tanto en la realización de estos exámenes como en la interpretación de los informes, además, el acceso a una salud especializada y de calidad sólo se encuentra en la capital.

En el Laboratorio de Función Pulmonar de la institución de salud (LFP-IS) base para este proyecto, tecnólogos médicos realizan mensualmente alrededor de 1.500 exámenes, los cuales, una vez impresos debe informarlos el médico broncopulmonar. Posteriormente, las secretarias transcriben el informe, el cual, requiere la firma del médico informante para finalmente subirlo a una plataforma donde es visible para el paciente y que, además, es conectada a la historia clínica electrónica (HCE). Cabe destacar que tanto el paciente como el médico visualizan el resultado a las 72 horas de ser realizado (Figura 1).

Figura 1: Circuito actual de entrega de informes de pruebas de función pulmonar



**Ilustración de elaboración propia que incluye imágenes públicas.*

Figura 1: Esquema del proceso de transcripción de resultados de PFT realizado en 72 horas, que transcurre desde la realización del procedimiento de toma de examen, los intermediarios participantes, hasta la entrega/visualización final del resultado.

Durante la pandemia covid-19, LFP-IS fue el único en Chile que continuó realizando dichos exámenes, ya que contaba con todos los requisitos para no suspender pruebas (elementos de protección personal, presión negativa, etc.), por lo que asumieron una sobrecarga tanto de pacientes de la capital como de regiones del país, de centros de salud públicos y privados. Al proyectar lo sucedido en LFP-IS y extrapolando al servicio público en Chile, se observa que la tardanza en la realización y entrega de informes médicos de estos exámenes preoperatorios ocasiona una lista de espera que puede ser de años, retraso en cirugías y/o retroceso en los tratamientos (14). Considerando esta situación, el establecer una central automatizada de informes que gradualmente incorpore a otras instituciones de salud públicas y privadas, permitiría

reducir los tiempos de entrega y mejorar la calidad, eficiencia y rapidez de los exámenes, garantizando la seguridad, calidad de los informes y la eficiencia en la entrega dentro de 24 horas, pudiendo descongestionar los hospitales públicos.

Más allá de la crisis de la covid-19, la población a la cual va dirigido este trabajo, corresponde a pacientes mayores de 18 años quienes se realizaron exámenes preventivos, aquellos que trabajan en altura (minería), asmáticos, con EPOC, fibrosis quística y pulmonar idiopática, pacientes con daño pulmonar por quimioterápicos o medicamentos (amiodarona), preoperatorios, trasplantes de pulmón y médula ósea, controles post-covid-19, pacientes con enfermedades autoinmunes (ELA, Esclerodermia), etc. Cabe señalar que la mayoría de los pacientes que cursan con una de estas enfermedades crónicas se deben realizar controles periódicos, los que contribuyen a aumentar los costes sanitarios por hospitalización, exceso de medicación, así como el ausentismo laboral (15).

Aún cuando en Chile, no existen soluciones que resuelvan estas necesidades para el área broncopulmonar, actualmente se están usando plataformas tecnológicas para el informe de imágenes de radiología que agilizan estos procesos (16).

Si bien, en la literatura (17) se describen distintos problemas que pueden resultar en una falla de una solución de eSalud: demora en las legislaciones, involucrados reacios a la aceptación de las tecnologías, implementación de tecnologías con poca escalabilidad y fragmentadas, falta de estudios costo/efectividad y evidencias clínicas, etc., en nuestra realidad, el desarrollo de los informes radiológicos, se ha visto limitado por restricciones regulatorias que deben ser revisadas y adecuadas a las nuevas tecnologías. Además, la falta de soluciones de innovación en ejecución, deterioran la credibilidad y confianza en ellas.

1.3 Justificación

Este proyecto se enmarca en el trabajo general para desarrollar e implementar en Chile una plataforma única y centralizada de exámenes de función pulmonar. En concreto, se considera desarrollar una plataforma con inteligencia artificial, evaluar la factibilidad de establecer la plataforma referida y diseñar la estrategia para implementarla. Así, una vez realizado el examen de función pulmonar, los datos serán transmitidos a una plataforma donde un sistema experto basado en los patrones establecidos por la ATS/ERS pueda interpretar los exámenes de espirometría y DLCO,

los que posteriormente serán validados por el médico informante, para que finalmente sean visibles tanto para pacientes como médicos en 24 horas (Figura 2).

Figura 2: Modelo de entrega de informes de pruebas de función pulmonar con IA



Figura 2: Esquema que describe el flujo de entrega de resultados de PFT del modelo propuesto, que incluye la transmisión de los datos desde la toma del examen hacia el sistema experto de interpretación de examen, posterior validación médica y descarga/visualización de resultados realizado en 24 horas.

A partir de la implementación y puesta en marcha como piloto de este software se podrá definir una estrategia para un proyecto general país. El sistema propuesto puede ser un aporte importante, ya que, en lo reportado en la literatura, se da cuenta que siempre hubo un alto grado de precisión y aceptabilidad en comparación a los informes emitidos por médicos especialistas, siendo una herramienta que ayude a los médicos inexpertos a interpretar patrones ventilatorios (13).

La solución propuesta, a partir del conocimiento incorpora mejoras o transformaciones en eficiencia y calidad a un proceso de entrega de informes de exámenes con tecnologías de la información, un sistema inteligente de informes que agrega valor a la institución de salud base del proyecto y presta utilidad para los pacientes/usuarios (18, 19), eliminando tanto errores de transcripción como de interpretación de las pruebas de función pulmonar.

El sistema sanitario se beneficiará y optimizará mejor los recursos para una adecuada gestión de la salud creando conocimiento a partir de los datos estadísticos, fomentará la equidad y universalidad, reducirá las estancias hospitalarias y las listas de espera para cirugías obteniendo un sistema accesible, eficaz, eficiente y de calidad para la población.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Diseñar e implementar una herramienta digital, en una institución de salud de Chile, basada en un sistema experto para la interpretación de informes de espirometría y DLCO, acorde a las normas internacionales establecidas por la ATS/ERS.

2.2. Objetivos específicos

- Desplegar un sistema piloto que permita validar el diseño de la herramienta digital de interpretación de PFT en pacientes adultos que requieran realizarse espirometría y DLCO en laboratorios de función pulmonar en Chile.
- Comparar la precisión y variabilidad de los informes de PFT respecto de los realizados manualmente.
- Simular con el piloto la herramienta digital para verificar la mejora de los procesos respecto a calidad y tiempos.

De esta forma, se podrá comparar el sistema manual de interpretación de informes de espirometría y DLCO actualmente en uso, con el sistema experto propuesto, para poder dar respuesta a las siguientes preguntas (20):

- ¿mejoró la calidad, eficiencia, eficacia de la entrega de los informes de los exámenes de función pulmonar?
- ¿permitió estandarizar los informes de los resultados de exámenes de función pulmonar?
- ¿disminuyó el tiempo de entrega de informes de resultados de exámenes de función pulmonar?
- ¿disminuyó el número de errores médicos y de transcripción de exámenes de función pulmonar?

3. Metodología

3.1. Diseño del programa o intervención

El diseño de intervención propuesto es un estudio experimental mixto retrospectivo unicéntrico que, utilizando un piloto, basado en un sistema experto, interpreta datos recogidos de pruebas funcionales pulmonares –espirometría y DLCO– para finalmente emitir un informe de resultados acorde a los patrones ventilatorios establecidos por la ATS/ERS.

Considerando la poca experiencia en un proyecto de esta naturaleza en Chile, el proyecto se realizará e implementará en forma gradual y dinámica.

Si bien, durante años se han realizado diversos trabajos para desarrollar sistemas automatizados utilizando distintas herramientas de inteligencia artificial (14-17), el objetivo de este estudio, es diseñar una herramienta específica a las condiciones actuales de Chile y de lograr una temprana adopción del personal médico para su uso.

3.2. Población diana

Para el desarrollo del sistema piloto se utilizará un informe de espirometría y DLCO real de una tecnóloga médica (profesional de nivel universitario, especializado en procedimientos y tecnologías de la medicina) parte del equipo de trabajo, quien aportará con el formato y los valores determinantes de los resultados de los exámenes y otros simulados por ella misma.

Utilizando el piloto, se considerará una N igual a 100 para validar los resultados del sistema experto y compararlos contra el sistema manual de informes, para lo cual, se seleccionarán informes de resultados de pacientes en forma retrospectiva, aleatorizada cuyos datos serán anonimizados previo a su uso. Se incluirán pacientes mayores de 18 años de ambos géneros con o sin patología pulmonar asociada que se hayan realizado espirometría y DLCO durante el año 2022 en LFP-IS.

Serán excluidos los pacientes menores de 18 años que se hayan realizado espirometría y DLCO durante el año 2022 en LFP-IS, personas que no podían ser evaluadas debido a problemas de comunicación u otras barreras (idiomas) e individuos con discapacidad cognitiva o intelectual que no hayan podido realizar los exámenes.

3.3. Equipo de trabajo

El piloto simulará las interacciones de pacientes, médicos informantes y personal de laboratorio. Para ello, en un plazo de 4 meses se desarrollará e implementará un piloto básico, ajustado estrictamente a las normativas establecidas en uso de sistemas informáticos operacionales de salubridad chilena y normas de interoperabilidad actuales.

Para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto, se considerará un equipo de trabajo que incluirá al médico jefe del servicio broncopulmonar, 2 médicos broncopulmonares informantes, 2 tecnólogas médicas de laboratorio de respiratorio, un informático desarrollador del software y los pacientes usuarios del sistema final.

Los exámenes serán realizados por 2 tecnólogas médicas de laboratorio de respiratorio, debidamente entrenadas y capacitadas, asegurando la calidad del procedimiento, quienes estarán a cargo de operar el equipo MasterScreen PFT (Jaeger, Hochberg, Alemania), versión 5.73.0 en la atención de pacientes. La interpretación manual de las PFT serán realizadas por 2 médicos broncopulmonares.

El equipo deberá contar con los registros de controles de calibración diarios –jeringa de 3 litros–, mensuales –control biológico–, controles de calibración de gases diarios, requeridos según las normas internacionales (21, 22).

Tanto los datos de la espirometría como los de la DLCO serán presentados como valores absolutos y como porcentaje en relación a los valores normales de referencia (23).

3.4. Pruebas de Función Pulmonar

La espirometría consiste en realizar una inspiración rápida y profunda seguida de una espiración fuerte y sostenida durante mínimo 6 segundos. A cada paciente del estudio, se le debe realizar una espirometría basal (pre- broncodilatador), luego se le aplica salbutamol (broncodilatador) y después de 15 minutos se le realiza una espirometría forzada (post broncodilatador) siguiendo las pautas y normas de la ATS/ERS para la realización de estos procedimientos.

Para el desarrollo del software de interpretación de espirometría se considerarán los valores teóricos y límites inferiores de (Figura 3):

- Capacidad Vital Forzada (FVC): corresponde al volumen máximo de aire espirado realizado con el mayor esfuerzo y rapidez que se inicia a partir de la capacidad total pulmonar. Su valor se expresa en litros.
- Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1): corresponde al volumen máximo de aire espirado en el primer segundo de la FVC. Su valor se expresa en litros.
- Relación FEV1/FVC: muestra la relación que existe entre ambas variables, expresado en porcentaje.
- Porcentaje de cambio pre y post broncodilatador: que representa el porcentaje de reversibilidad de la obstrucción al flujo aéreo respecto a la condición basal.

La DLCO consiste en realizar mínimo 4 respiraciones a volumen corriente, seguido de una espiración lenta, máxima y sostenida, luego una inspiración profunda y máxima manteniendo la respiración durante 10 segundos, para finalmente exhalar todo el aire forzosamente. Para esta prueba se solicita a los pacientes llevar un examen de hemoglobina en sangre de menos de 3 meses para ser incorporado al equipo y corregir los factores según la condición actual del paciente (24). Para cada paciente se debe obtener 2 maniobras aceptables y reproducibles técnicamente.

Para el desarrollo del software de interpretación de DLCO se considerarán los valores teóricos y límites inferiores de (Figura 4):

- Volumen Alveolar (VA): representa una estimación del volumen de gas pulmonar en el que el Monóxido de Carbono (CO) se distribuye y diluye, y desde donde luego se transfiere a través de la membrana alvéolo-capilar.
- DLCO/VA: Factor de permeabilidad en relación al volumen alveolar
- DLCO/co: Factor de permeabilidad corregido por la hemoglobina
- Hemoglobina: Proteína transportadora de O₂ en la sangre con alta afinidad por el CO

El médico broncopulmonar especialista determinará los patrones específicos de interpretación de ambos exámenes, según ATS/ERS que se incorporarán al software de interpretación.

Figura 3,4: Informes tipo generados en espirómetro

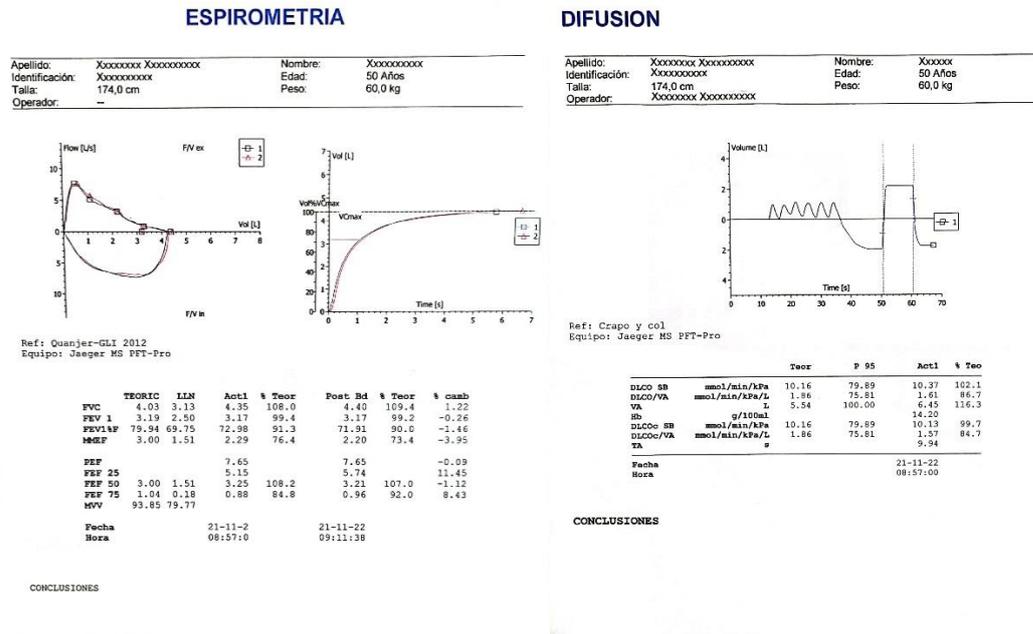


Figura 3: Informe tipo de espirometría en formato PDF obtenido de un equipo de función pulmonar, que muestra parámetros necesarios para la interpretación, curva de volumen-tiempo y curva flujo-volumen.

Figura 4: Informe tipo de capacidad de difusión de monóxido de carbono en formato pdf obtenido de un equipo de función pulmonar que muestra parámetros necesarios para la interpretación, volúmen alveolar, factores de permeabilidad y sus correcciones con la hemoglobina actual.

3.5. Modelo de software

El sistema se implementará en arquitectura de capas: presentación, lógica y datos. El desarrollo del software de presentación (browser, móvil u otros aparatos) se desarrollará con los lenguajes HTML5 (25) y JavaScript (26). La implementación de la lógica del sistema –el motor funcional–, se implementará como microservicios REST/JSON (27) para la transferencia de datos con la actual capa de presentación y a futuro poder interactuar con sistemas Internet Of Things (IOT), para así facilitar la operación con otros aparatos. La implementación de los microservicios, que incluyen la interpretación de espirometría y DLCO, se realizarán en el lenguaje de programación GO (lenguaje compilado de muy alto rendimiento) (28) y la inteligencia del sistema será programada en el lenguaje Prolog (el más usado en Inteligencia Artificial y sistemas inteligentes) (29). Los datos se mantienen en el sistema de bases de datos MySQL (30).

Para validar el sistema piloto se usarán los mismos datos obtenidos de las pruebas que los que usaron los médicos informantes (valores absolutos, porcentaje teórico, límite inferior), en combinación con las características de los pacientes, edad, estatura, sexo, IMC. La interpretación de patrones por parte del sistema experto se basará en las estandarizadas por la ATS/ERS.

3.6. Actividades a realizar

Durante el desarrollo del proyecto se utilizarán 3 sprints que incluirán pruebas intermedias, retroalimentación y mejoras.

Se realizarán reuniones semanales de 30 minutos con el médico jefe del servicio, tecnóloga médica e informático para revisar el avance, ajustar requerimientos y validar los procesos, manteniendo el control de avance en un sistema de carpetas compartidas que incluirá la propuesta del TFM, carta GANTT, presentaciones (pantallas de acceso, diseños de informe y validación), procesos del piloto (programas y requerimientos), documentos, actas numeradas cronológicamente que contengan el detalle de todas las reuniones realizadas durante el desarrollo e implementación del proyecto.

El proyecto se iniciará con un kick off para que el equipo de trabajo se alinee respecto a los objetivos, responsabilidades y metodología de trabajo.

SPRINT 1

Iniciado el estudio, se seguirán los siguientes puntos:

1. Definir formato de informe de Examen: PDF con gráfica y valores emitida desde el espirómetro e informe del sistema experto que incluirá un espacio para comentarios médicos.
2. Diseño de plataforma: accesible desde un browser o app
 - **Formato de entrada:** para incorporar a la mayoría de los espirómetros al sistema se asumirá que los datos generados por los instrumentos de medición son presentados en formato PDF. Se usará software que permita la extracción

de datos específicos en los documentos PDF, para rescatar los valores de los parámetros importantes para el proyecto.

- **Formato pantalla de paciente:** con opción de (anexo 1):
 - Último examen: con opción de DESCARGAR PDF e IMPRIMIR
 - Histórico: por fecha y tipo de examen con opción DESCARGAR PDF e IMPRIMIR
 - Enviar a médico tratante
- **Formato pantalla del médico:** con opción de (anexo 2):
 - PDF a validar con recuadro a editar para modificar o incluir observaciones
 - Histórico de paciente

3. Formato salida a otros sistemas: JSON

El Sprint 1 se focalizará en el desarrollo de la arquitectura del sistema (capas, comunicaciones, etc.), la presentación en browser y la navegación. En el Sprint 1, los datos serán simulados –puestos en duro– sin almacenarlos en la base de datos.

SPRINT 2

Luego de 2 semanas se revisará, corregirá y mejorará el Sprint 1, incorporando un porcentaje score que indique el grado de confiabilidad o certeza con que el sistema experto emite un determinado resultado, basado en los análisis históricos de interpretación de resultados, realizados por los médicos.

El enfoque del Sprint 2 permitirá ampliar las capacidades del sistema principalmente en la lógica de este, manteniendo el uso de datos simulados.

SPRINT 3

Se revisará, corregirá y mejorará el Sprint 2.

El Sprint 3 se enfocará en la incorporación de los flujos de datos reales incluyendo el almacenamiento y gestión de los mismos en la base de datos.

3.7. Cronograma

		Cronograma																												
		Octubre '22-Enero '23				Marzo '23				Abril '23				Mayo '23				Junio '23												
Fases	Actividades	Semanas																												
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4									
Diseño	Diseño de intervención																													
	Kick off (PPT / Carta GANTT)																													
	Requerimientos																													
	Asignación de tareas																													
Sprint 1	Organización y pruebas Piloto																													
	Implementación piloto (presentación y navegación)																													
	Análisis del usuario con piloto en ejecución																													
	Recolección y Tabulación de datos																													
	Evaluación y Análisis de resultados																													
Sprint 2	Conclusiones																													
	Revisar, corregir y mejorar Sprint 1																													
Sprint 3	Foco en lógica y sistema inteligente																													
	Revisar, corregir y mejorar Sprint 2																													
Revisión final	Gestión en base de datos																													
	Validación piloto (indicadores y evaluación)																													
	Análisis de resultados finales, conclusión																													
	Difusión																													

3.8. Recursos necesarios y presupuesto

Para su financiación, diseño e implementación de la plataforma, se utilizarán recursos propios, contribuciones de personal médico y de sponsors de Pyme de desarrollo de software, aportados voluntariamente y sin fines de lucro (Tabla 1).

Tabla 1: Coste real total

Coste Diseño						PARAMETROS	
	semanas	hrs x semana	horas	coste UF	Coste EUR		Coste hr UF
Investigador	18	24	432	648	23.047	Investigador	1,5
Desarrollo TI	18	1,5	27	108	3.841	TI	4
Médicos	18	1	54	216	7.682	Médicos	4
Coste Total				972	34.571		
TOTAL EUR					34.571 €		
Coste Implementación							
	semanas	hrs x semana	horas	coste UF	Coste EUR		
Investigador	18	24	432	648	23.047	1 UF a \$	\$34.500
Desarrollo TI	18	24	432	1.728	61.460	1 EUR a \$	\$970
Médicos	18	3	54	216	7.682		
Coste Total Base				2.592	92.190		
Gastos Generales			10%		9.219		
Riesgo			10%		9.219		
TOTAL EUR					110.628 €		

Tabla 1: Costes necesarios para el diseño e implementación del proyecto expresados en Unidades de Fomento nacional (UF) y moneda europea (€).

El entregable final servirá de fundamento para una propuesta que pueda conectar instituciones de salud, tales como: centros de atención primaria, hospitales, clínicas, etc., mediante una central de informes en la capital de Chile.

Si bien, el sistema piloto no requerirá mayor financiación, un proyecto futuro para el servicio público necesitará la posibilidad de postular a fondos concursables de CORFO (31) y/o FONIS (32), además de la alianza estratégica con una o más empresas de TI.

3.9. Consideraciones éticas

Dado que el proyecto es un diseño de intervención no clínico con uso de datos personales, fue presentado al comité de ética de la UOC, cuyo dictamen con fecha 5 de diciembre del 2022 resultó favorable a la ejecución de dicho estudio.

Al ser un proyecto que entrega un servicio de salud a los pacientes incorporando TI, se debe considerar los aspectos éticos como cualquier atención prestada a las personas. Los principios éticos a considerar en el proyecto son (33-36):

- El respeto a la dignidad del paciente: Si bien, el tipo de estudio es retrospectivo y no se utiliza consentimiento informado, de igual forma se debe garantizar el derecho a la intimidad, confidencialidad y seguridad de los datos. Las reglas de confidencialidad serán aplicadas de principio a fin del proyecto siendo los datos sensibles, anonimizados.

- El principio de justicia: el proyecto es una prestación de servicios que facilitará en sus inicios el acceso a estos procedimientos a un sector del servicio de salud privado, sin embargo, en su mayor extensión procurará el bienestar de toda la población de alcance.

- Seguridad de la información (disponibilidad, integridad y confiabilidad): tanto el software, conexiones/redes, almacenamiento y acceso a los datos (permiso de consulta), deben cumplir los criterios de certificación y seguridad requeridos que eviten riesgos de acceso indebido a los datos/comunicaciones.

- Responsabilidad del profesional: es indispensable asegurar la formación, capacitación y la competencia de los profesionales de la salud que utilizarán el sistema experto piloto, así como también aquellos a cargo de la realización del examen, garantizando una atención ética y de calidad.

Siendo éste un proyecto que incorpora una herramienta digital de IA –sistema experto–, para que sea un sistema fiable, se debe considerar que sea centrado en las personas y que en toda su extensión se evidencien los principios éticos, los valores sociales y los derechos fundamentales de los seres humanos, para en un futuro poder evaluar los efectos causados por la herramienta digital en los individuos y la sociedad, considerando que estos pueden ser positivos o negativos (37).

Cabe mencionar, que aún cuando la automatización de los procesos puede mejorar la velocidad de respuesta y la precisión de los resultados, es fundamental que el respaldo de la validación de los informes sea realizado y de responsabilidad del médico especialista informante.

4. Plan de evaluación de la intervención

El plan de evaluación contemplará 3 etapas durante toda la extensión de la intervención

4.1. Evaluación de procesos

El responsable de la evaluación de procesos será el Jefe de proyecto con ayuda de un médico informante. Iniciado el proyecto se definirán las pautas de evaluación acordadas en el equipo de trabajo frente a cada proceso. Se medirá el estado de avance en cada sprint y al finalizar cada uno de estos. También se medirá inmediatamente antes de la entrega final. El feedback en la evaluación de procesos permitirá la mejora continua.

La recolección de datos y su posterior análisis de la documentación disponible se realizará mediante las actas de reuniones, carta Gantt, registro de avance de los procesos, documentación de los procesos, requerimientos y tareas. Además, se utilizarán plantillas de testeo con métricas de cumplimiento expresadas en porcentaje.

Tabla 2:

Evaluación de Procesos					
Técnicas de recolección de datos	Acciones	Indicador	Tiempo	Metas	Responsable
Análisis de la documentación disponible (actas de reuniones, documentación de los procesos, requerimientos y tareas) con ayuda de plantillas de testeo con métricas de cumplimiento	Verificar que los procesos se ajusten a lo acordado en las actas	Al finalizar cada sprint se determinará para cada proceso el % de acuerdos cumplidos satisfactoriamente, parcialmente cumplidos y no cumplidos. Se calcula el promedio de los respectivos % de cumplimiento de las tareas que lo componen	En cada sprint se medirá el estado de avance de los procesos y al finalizar cada uno de estos. También se medirá inmediatamente antes de la entrega final	Mayor a 85% de cumplimiento en cada sprint para cada proceso 100% de cumplimiento antes de la entrega final	Jefe de proyecto, con ayuda de usuario médico
Análisis de la documentación disponible (actas de reuniones, documentación de los procesos, requerimientos y tareas) con ayuda de plantillas de testeo con métricas de cumplimiento	Verificar cumplimiento de requerimientos y tareas mediante lista de pendientes. A partir de las actas se mantiene listado de requerimientos/tareas concretas a realizar, con ellas se genera la lista de pendientes para cada sprint. Las tareas relacionadas con el desarrollo del software determinarán la cantidad de errores graves y ajustes menores	% de tareas incumplidas o cumplidas parcialmente.	En cada sprint se medirá el estado de avance de los procesos y al finalizar cada uno de estos. También se medirá inmediatamente antes de la entrega final	Sprint: En desarrollo de software, se aplicarán pruebas de calidad a los programas: Tareas cumplidas satisfactoriamente mayor a 85%, incumplidas y/o con errores graves menor a 5%, parcialmente cumplidas y/o con ajustes menores: menor a 10%. Otras tareas (documentación): mayor al 75% Entrega final: Incumplimiento y/o errores graves: 0% Parcialmente cumplidas y/o ajustes menores: menor a 5%	Jefe de proyecto, con ayuda de usuario médico
Carta Gantt y registro de avance de los procesos	Verificar cumplimiento del cronograma	Satisfacción de las metas especificadas medidas en porcentaje	En cada sprint se medirá el estado de avance de los procesos al finalizar cada uno de estos. También se medirá inmediatamente antes de la entrega final	Promedio del cumplimiento de los procesos en cada sprint mayor a 85%. 100% de cumplimiento antes de la entrega final	Jefe de proyecto, con ayuda de usuario médico.

Tabla 2: Evaluación de procesos donde se describen las técnicas de recolección de datos, las acciones a realizar, los indicadores a utilizar, el tiempo, las metas por alcanzar y el responsable de cada evaluación.

4.2. Evaluación de resultados

En lo referente al desarrollo del proyecto, el Jefe de proyecto con ayuda de un médico informante serán los que evaluarán los resultados al finalizar el tercer sprint.

En lo relacionado a recursos utilizados y presupuesto será el encargado de finanzas junto al Jefe de proyecto quienes evaluarán al final de cada sprint. Las tres últimas semanas durante la validación del sistema piloto se realizará la evaluación final.

Para la recolección de datos, se usarán plantillas con definición de resultados esperados según ATS/ERS, se recogerán informes históricos para ser analizados y comparados con los emitidos por el modelo, se realizará encuesta de satisfacción a médicos informantes (38) con escala de Likert (39) y se utilizará registro de ejecución y cumplimiento de presupuesto.

Tabla 3:

Evaluación de Resultados					
Técnicas de recolección de datos	Acciones	Indicador	Tiempo	Metas	Responsable
Se usarán plantillas con definición de resultados esperados según ATS/ERS	Verificar el cumplimiento de los resultados esperados vs los obtenidos	% de resultados acordes a los patrones internacionales establecidos	Aplicar al finalizar tercer sprint	Satisfactorio 100%	Jefe de proyecto, con ayuda de usuario médico
Recoger 100 informes históricos para ser analizados y comparados con los emitidos por el modelo.	Verificar la concordancia de los resultados históricos vs los generados por el modelo	% de resultados históricos acordes con los emitidos por el modelo	Aplicar al finalizar tercer sprint	Satisfactorio sobre 90%	Jefe de proyecto, con ayuda de usuario médico
Encuesta con escala de Likert	Aplicar encuesta	% de satisfacción de usuarios (médicos) según encuesta	Aplicar al finalizar tercer sprint	Satisfactorio 90%	Jefe de proyecto, con ayuda de usuario médico
Registro de ejecución del presupuesto.	Recursos utilizados adecuados respecto a los presupuestados para el proyecto	% de recursos utilizados versus lo presupuestado según moneda nacional	Aplicar al final de cada sprint y en la entrega final	Satisfactorio +/- 15 % del presupuesto	Jefe de proyecto con ayuda de encargado de finanzas

Tabla 3: Evaluación de resultados que describe las técnicas de recolección de datos, las acciones a realizar, los indicadores y el momento en que se aplicarán, la metas por alcanzar y el responsable de la evaluación.

La encuesta de satisfacción que se aplicará a los médicos informantes será anónima, en línea y se basará en preguntas como:

- ¿se considera que la plataforma ayuda al trabajo del médico?
- ¿es una plataforma amigable, de fácil uso?
- ¿es una plataforma virtual de calidad y de respuesta rápida?
- ¿cómo valora el contar con datos históricos en línea?
- ¿la plataforma brinda la confiabilidad y precisión necesaria para interpretar resultados?
- identificar puntos fuertes de la plataforma y principales dificultades
- sugerencias para incorporar servicios adicionales

4.3. Evaluación de impacto

El responsable de la evaluación de impacto será el Jefe de proyecto. Se considera evaluar (Tabla 4):

- Efectividad y precisión: Porcentaje de divergencia entre los informes históricos informados manualmente y los emitidos por el sistema experto. Durante el desarrollo del proyecto se recolectan los datos históricos y se comparan entre el último Sprint y la entrega final.
- Tiempos de espera de entrega de resultados: Se evaluará la disminución de los tiempos de entrega de informes, calculando el tiempo promedio de entrega de resultados de sistema experto vs sistema actual. Durante el desarrollo del proyecto se recolectan los datos históricos y se comparan entre el último Sprint y la entrega final.
- Cantidad de errores de transcripción: Se medirá el número de retranscripción de exámenes desde el Kick off hasta la entrega final comparados con las retranscripciones del sistema experto.
- Reducción de Costes: Se comparará el coste operacional del sistema manual vs experto. La medición se realizará entre el último Sprint y la entrega final. Se calculará el retorno de la inversión para evaluar el coste-beneficio.
La disminución de errores de transcripción y de interpretación de informes manuales actuales permitirá liberar o redistribuir recursos humanos para otras funciones.

- Satisfacción de usuarios: Entre el último Sprint y la entrega final, se aplicará encuesta de satisfacción a los usuarios (pacientes), la cual será anónima, en línea y se basará en preguntas como:

- ¿se considera que la plataforma cumple con las necesidades de los pacientes?
- ¿es una plataforma amigable, de fácil uso?
- ¿es una plataforma virtual de calidad y de respuesta rápida?
- ¿cómo valora el contar con datos históricos en línea?
- ¿la obtención de resultados se realiza en 24 hrs?
- sugerencias para incorporar servicios adicionales

Tabla 4:

Evaluación de Impacto					
Técnicas de recolección de datos	Acciones	Indicador	Tiempo	Metas	Responsable
Recolectar datos históricos de los informes manuales del último mes	Efectividad y precisión: comparar informes históricos manuales vs sistema experto	% de divergencia de los informes históricos manuales vs el experto	Durante el desarrollo del proyecto se recolectan los datos históricos y se comparan entre el último Sprint y la entrega final	Se estima una divergencia actual de 20% respecto a la norma. Meta es reducir a 5%	Jefe de proyecto
Registrar tiempo de toma de examen y tiempo de liberación final del resultado al paciente.	Registrar tiempos de entrega de resultados manuales y del modelo. Comparar promedios de tiempos de entrega de resultados de ambos sistemas	Diferencia en tiempo entre toma de examen y entrega de informe medido en horas.	Durante el desarrollo del proyecto se recolectan los datos y se comparan entre el último Sprint y la entrega final	El tiempo de entrega de resultados se reduce al menos en 48 hrs, respecto al tiempo actual mayor o igual a 72 hrs.	Jefe de proyecto
Registro histórico de copias de retranscripción de informes manuales	Contar número de copias por semana para retranscripción de informes. Se compara el promedio de copias de retranscripción del sistema manual vs sistema experto	Errorres de transcripción: número de copias por semana que necesitan retranscripción.	Cada semana entre el Kick off y la entrega final	Se estima un 10 % actual de retranscripciones. Meta es reducir a 0%	Jefe de proyecto
Contabilidad	Comparar coste operacional de sistema manual vs experto	Ahorros medidos en moneda nacional	La medición se realizará entre el último Sprint y entrega final	Reducción de costes mayor a 70%	Jefe de proyecto
Encuesta en línea a los usuarios (pacientes) con escala de Likert	Aplicar encuesta	% de satisfacción de usuarios (pacientes) según encuesta	Entre el último Sprint y la entrega final	90% satisfacción	Jefe de proyecto

Tabla 4: Evaluación de impacto que describe las técnicas de recolección de datos, las acciones a realizar, los indicadores y el momento en que se aplicarán, la metas por alcanzar y el responsable de la evaluación.

Con el análisis de los resultados obtenidos, se podrá validar la herramienta digital comparando la precisión y variabilidad de los informes respecto de los realizados manualmente. Además, se demostrará que la herramienta digital mejorará los procesos actuales y la calidad de estos, estandarizará los resultados, reduciendo significativamente los tiempos de entrega de informes, eliminando errores y siendo un apoyo importante en el trabajo de los médicos informantes.

5. Aplicabilidad de la intervención

El modelo de intervención tendrá un gran impacto social por cuanto elimina la necesidad de desplazamiento de la población y provee mayor cobertura.

El beneficio económico para los pacientes es que podrán realizarse los exámenes localmente, sin tener que recurrir a los grandes centros urbanos, evitando costes de hospedaje y transporte. Así mismo, el prestador de servicios de salud podrá traspasar las reducciones de costes que el sistema proveerá, tanto a pacientes como también redistribuyendo los recursos.

El impacto clínico se verá reflejado en las mejoras en la calidad y los tiempos de entrega de los resultados.

Específicamente, una vez validado este sistema piloto se podrá:

- contar con un único centro de salud en Chile para salud pública con sistema automatizado (IA) compatible con cualquier espirómetro de centros satélites de atención primaria que emita informes de PFT en PDF.
- contar con un sistema central de informes en salud privada que pueda realizar prestación de servicios externos, públicos o privados.
- considerando la naturaleza y tipo del software se podrá recopilar datos estadísticos e históricos para futuras investigaciones, ya que soportará un gran volumen de datos, siendo un sistema rápido y eficiente.

El proyecto realizado aplicado a salud pública contribuirá a:

- disminuir las listas de espera, el retraso en cirugías y/o el retroceso en los tratamientos.
- mejorar el acceso a una salud de calidad dado que la forma geográfica de Chile dificulta su acceso.

- mantener capacitados en tiempo real a médicos de regiones en la interpretación de patrones ventilatorios de espirometría y DLCO, evitando la dualidad y variabilidad de resultados, lo que incide directamente en las decisiones médicas frente a una patología.

Pese al buen rendimiento que puede presentar el modelo, este presenta algunas limitaciones como la referida a la calidad de la realización de los exámenes, ya que, esta tarea está a cargo de tecnólogas médicas que realizan dichos procedimientos y el sistema experto no será entrenado para esto, por lo que se asume que todos los procedimientos se realizarán con la calidad requerida. Este elemento no fue considerado, ya que, hoy en día la mayoría de los nuevos espirómetros tienen programas de calidad incorporados.

Este modelo no podrá ser integrado ni aplicado a espirómetros antiguos que no tengan puertos USB o no cuenten con formatos PDF de salida, lo que se puede considerar como otra limitación, sin embargo, se evaluará la posibilidad de operarlo en forma manual e ingresar las variables necesarias que solicite el sistema.

Si bien, los registros de espirometría y DLCO utilizados para desarrollar el sistema piloto serán exclusivamente de pacientes caucásicos de la población chilena, este modelo puede ser aplicado a otras etnias, debido a que a partir del examen original se aplica un patrón preestablecido para ser interpretado. Además, siendo un sistema flexible, en el caso que la ATS/ERS cambiara los patrones de interpretación de los resultados, es posible modificarlos en forma rápida y simple en el modelo propuesto.

Finalmente, y dado que el software se implementó como microservicios REST/JSON, es posible que en el futuro pueda interactuar con sistemas IOT, para así facilitar la operación con diferentes dispositivos que apoyan el trabajo de los médicos.

6. Conclusiones

Una vez diseñado e implementado el sistema experto piloto en LFP-IS para la interpretación de informes de espirometría y DLCO, basado en las normas internacionales establecidas por la ATS/ERS, los resultados serán estandarizados de acuerdo a estos patrones pudiendo así expandir este modelo como una herramienta digital de interpretación de PFT en pacientes adultos que requieran realizarse espirometría y DLCO en laboratorios de función pulmonar en Chile. La implementación del sistema piloto permitirá la validación del modelo.

Después de comparar la precisión y variabilidad de los informes de PFT respecto de los realizados manualmente, se espera que el modelo presente una muy buena eficiencia y precisión, debido a que podrá determinar el porcentaje de confiabilidad de cada informe, por lo que resulta una excelente herramienta de apoyo al trabajo del médico en la interpretación de informes de PFT. De esta forma, si el sistema arroja un porcentaje inferior a 95%, el médico especialista tendrá que detenerse a interpretar más acuciosamente el resultado o editar un nuevo informe según sus observaciones.

La simulación con el sistema piloto experto, permitirá verificar la mejora de los procesos de calidad y tiempos, mediante el procesamiento posterior de mil espirometrías y DLCO con sus respectivos datos. Los resultados obtenidos deberán confirmar que los rendimientos sean estables, rápidos, precisos, eficientes y confiables. Así, se garantizará que la intervención de este modelo optimizará los tiempos de entrega de resultados y que, además, de usarse en la clínica habitual, también estaría apto para manejar un gran volumen de datos que ayuden en la investigación.

Por consiguiente, con este diseño de intervención:

- Se podrá diseñar, implementar y validar un sistema experto piloto de interpretación de resultados de espirometría y DLCO según ATS/ERS, en pacientes adultos.
- Se comparará la precisión y variabilidad de los informes de PFT de los resultados obtenidos con el modelo, respecto de los realizados manualmente.

- Se simulará con el piloto la herramienta digital, verificando la mejora de los procesos tanto en calidad como eficiencia en los tiempos de entrega de resultados.

A futuro y una vez realizadas las pruebas de validación, se deberán realizar trabajos para poder incorporar a este modelo otras PFT, cuya interpretación dependa de patrones específicos (volúmenes y capacidades, curva flujo volumen, test de metacolina, etc.) e incluir exámenes de pacientes menores de 15 años con sus respectivos valores de interpretación.

También, será posible extender e implementar el modelo a otras áreas de procedimientos y entrega de exámenes, tales como cardiología, otorrinolaringología (audiometría), etc., que utilicen patrones específicos de interpretación normados.

7. Bibliografía

1. Wisnivesky J, de-Torres JP. The Global Burden of Pulmonary Diseases: Most Prevalent Problems and Opportunities for Improvement. *Annals of Global Health* [Internet]. 2019 Jan 22 [citado 4 diciembre 2022];85(1):1. Disponible en: <http://www.annalsofglobalhealth.org/articles/10.5334/aogh.2411/>
2. Somayaji R, Chalmers JD. Just breathe: a review of sex and gender in chronic lung disease. *Eur Respir Rev* [Internet]. 2022 Mar 31 [citado 4 diciembre 2022];31(163). Disponible en: <https://err.ersjournals.com/content/31/163/210111.abstract>
3. Araújo M, Dias S, Cabrita B, Seabra B. Equipment for Pulmonary Function Evaluation: Devices and Technology. *Pulmonary Function Measurement in Noninvasive Ventilatory Support* [Internet]. 2021 [citado 2 noviembre 2022];203–9. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-76197-4_28
4. Las pruebas de DLCO, esenciales para el tratamiento de la COVID persistente [Internet]. NDD Medical Technologies. [citado 2 noviembre 2022]. Disponible en: <https://nddmed.com/es/blog/dlco-as-a-cornerstone-for-long-covid-management>
5. La importancia de las pruebas de función pulmonar y de DLCO para una mejor gestión de los pacientes con COVID persistente [Internet]. NDD Medical Technologies. [citado 2 noviembre 2022]. Disponible en: <https://nddmed.com/es/recursos/biblioteca-de-recursos/white-papers/la-importancia-de-las-pruebas-de-funcion-pulmonar-y-de-dlco-para-una-mejor-gestion-de-los-pacientes-con-covid-persistente>
6. Topalovic M, Das N, Janssens W. Artificial intelligence for pulmonary function test interpretation. *Eur Respir J* [Internet]. 2019 Jun 1 [citado 29 octubre 2022];53(6). Disponible en: <https://erj.ersjournals.com/content/53/6/1900782>
7. Giri PC, Chowdhury AM, Bedoya A, Chen H, Lee HS, Lee P, et al. Application of Machine Learning in Pulmonary Function Assessment Where Are We Now and Where Are We Going? *Front Physiol* [Internet]. 2021 [citado 30 octubre 2022];12. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8264499/>
8. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* [Internet]. 2005 Nov;26(5):948–68. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>
9. Mlodzinski E, Stone DJ, Celi LA. Machine Learning for Pulmonary and Critical Care Medicine: A Narrative Review. *Pulmonary Therapy* [Internet]. 2020 Jun [citado 30 octubre 2022];6(1):67. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7229087/>

10. PUFF: An expert system for interpretation of pulmonary function data. *Comput Biomed Res* [Internet]. 1983 Jun 1 [citado 31 octubre 2022];16(3):199–208. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0010480983900216>
11. Krumpal P, Weigt G, Martinez N, Marcum R, Cumiskey JM. Computerized rapid analysis of pulmonary function test: use of a least mean squares correlation for interpretation of data. *Comput Biol Med* [Internet]. 1982 [citado 31 octubre 2022];12(4). Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0010-4825\(82\)90033-6](https://doi.org/10.1016/0010-4825(82)90033-6)
12. Topalovic M, Das N, Burgel PR, Daenen M, Derom E, Haenebalcke C, et al. Artificial intelligence outperforms pulmonologists in the interpretation of pulmonary function tests. *Eur Respir J* [Internet]. 2019 Apr 11 [citado 31 octubre 2022];53(4). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30765505/>
13. Wang Y, Li Q, Chen W, Jian W, Liang J, Gao Y, et al. Deep Learning-Based Analytic Models Based on Flow-Volume Curves for Identifying Ventilatory Patterns. *Front Physiol* [Internet]. 2022 [citado 31 octubre 2022];0. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2022.824000/full#main-content>
14. Estay R, Cuadrado C, Crispi F, González F, Alvarado F, Cabrera N. Desde el Conflicto de las listas de espera, hacia el fortalecimiento de los prestadores públicos de salud UNA PROPUESTA PARA CHILE [Internet]. Chile Departamento de Políticas de Salud y Estudios Colegio Médico de Chile A.G. 2017 [citado 2 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.colegiomedico.cl/wp-content/uploads/2019/03/Documento-Listas-de-Espera.pdf>
15. Interactivo EM. SEPAR pide un espirómetro en todos los centros de salud de España [Internet]. *El médico interactivo*. 2022 [citado 29 octubre 2022]. Disponible en: <https://elmedicointeractivo.com/espirometro-en-todos-los-centros-de-salud/>
16. Cruz-Quiroga Juan Pablo. Reflexiones sobre Inteligencia Artificial y Radiología. *Rev. chil. radiol.* [Internet]. 2019 Jun [citado 29 octubre 2022]; 25 (2): 43-43. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082019000200043>.
17. van Limburg M, van Gemert-Pijnen JE, Nijland N, Ossebaard HC, Hendrix RMG, Seydel ER. Why Business Modeling is Crucial in the Development of eHealth Technologies. *J Med Internet Res* [Internet]. 28 Dic 2011 [citado 29 octubre 2022];13(4): e124. Disponible en: <https://doi.org/10.2196/jmir.1674>
18. Rodríguez Cabrera, Nairo & Avellaneda Avellaneda, Zulma & Rojas Navarrete, Fabiam Eduardo & Suárez Lozano, Iván & Kurachi, Andrés & Piedrahita, Lila & Martínez, Ginna. (2022). *Transformación Digital e Innovación*. [Internet] [citado 31 octubre 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/356587187_Transformacion_Digital_e_Innovacion

19. Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition [Internet] [citado 31 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.oecd.org/science/oslo-manual-2018-9789264304604-en.htm>
20. Jgiraldez P. 4. Formulación de las preguntas clínicas de la GPC [Internet]. GuíaSalud. 2020 [citado 31 octubre 2022]. Disponible en: <https://portal.guiasalud.es/egpc/manual-elaboracion-formulacion-preguntas/>
21. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al. General considerations for lung function testing. Eur Respir J [Internet]. 2005 Jul 1 [citado 19 noviembre 2022];26(1):153–61. Disponible en: <https://erj.ersjournals.com/content/26/1/153.abstract>
22. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. Am J Respir Crit Care Med [Internet]. 2019 Oct 15 [citado 19 noviembre 2022]; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
23. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. Eur Respir J [Internet]. 2012 Dec 1 [citado 19 noviembre 2022];40(6):1324–43. Disponible en: <https://erj.ersjournals.com/content/40/6/1324.abstract>
24. Caviedes S I, Borzone T G, Briceño C V, Mercado M G, Schönffeldt G P, Céspedes G J. Estandarización de la prueba de capacidad de difusión de monóxido de carbono: Chilean Society of Respiratory Diseases guidelines. Rev chil enferm respir [Internet]. 2014 [citado 19 noviembre 2022];30(3):145–55. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-73482014000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
25. de los proyectos Wikimedia C. HTML [Internet]. Wikimedia Foundation, Inc.; 2001 [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/HTML>
26. de los proyectos Wikimedia C. JavaScript [Internet]. Wikimedia Foundation, Inc.; 2002 [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/JavaScript>
27. JSON data and REST architecture [Internet]. [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://infohub.delltechnologies.com//rest-the-power-of-network-automation-using-rest-apis/json-data-and-rest-architecture>
28. de los proyectos Wikimedia C. Go (lenguaje de programación) [Internet]. Wikimedia Foundation, Inc.; 2009 [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Go_\(lenguaje_de_programaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Go_(lenguaje_de_programaci%C3%B3n))

29. de los proyectos Wikimedia C. Prolog [Internet]. Wikimedia Foundation, Inc.; 2002 [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Prolog>
30. de los proyectos Wikimedia C. MySQL [Internet]. Wikimedia Foundation, Inc.; 2003 [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/MySQL>
31. Programas de Innovación 2022 [Internet]. [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: https://www.corfo.cl/sites/cpp/movil/convocatorias_programas_innovacion
32. Concurso Nacional de proyectos de investigación y desarrollo en salud, Fonis [Internet]. [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.conicyt.cl/fondef/lineas-de-programa/instrumentos-vigentes/concurso-nacional-de-proyectos-de-investigacion-y-desarrollo-en-salud-fonis/>
33. León F. Ética y responsabilidad social de las instituciones en el sistema de salud chileno. [Internet] [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://politicaspUBLICAS.uc.cl/wp-content/uploads/2015/02/descargar-etica-y-responsabilidad-social-de-las-instituciones-en-el-sistema-de-salud-chileno.pdf>
34. MINSAL. Programa Nacional de Telemedicina. Subsecretaría de Redes Asistenciales. [Internet] [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/03/Programa-Nacional-de-Telesalud.pdf>
35. MINSAL. Fundamentos Lineamientos Telemedicina Telesalud Chile CORFO-InnovaChile. Dic 2020, 2a Edición [Internet] [citado 20 noviembre 2022]. Disponible en: <https://lineamientostelesalud.cl/2021/01/segunda-edicion-de-los-fundamentos-para-los-lineamientos-para-latelemedicina-y-telesalud-en-chile/>
36. Cusí-Sánchez MV, Gomes-da Costa F, Bossio P, FàbregaAgulló C, García-Abejas A, Salvador-Vergès A. Telemedicina y eSalud: reflexiones desde la bioética. Bioética y debate. 2021;27(91):9-13 Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Angels-Verges/publication/358606361_Telemedicina_y_eSalud_reflexiones_desde_la_bioetica/links/620b47c67b05f82592ec8a07/Telemedicina-y-eSalud-reflexiones-desde-la-bioetica.pdf
37. La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina II: importancia actual y aplicaciones prácticas. Aten Primaria [Internet]. 2021 Jan 1 [citado 23 noviembre 2022 Nov 23];53(1):81–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aprim.2020.04.014>
38. Høstgaard AMB, Bertelsen P, Nøhr C. Constructive eHealth evaluation: lessons from evaluation of EHR development in 4 Danish hospitals. BMC Med Inform Decis Mak [Internet]. 2017 Apr 20 [citado 25 noviembre 2022];17(1):1–15. Disponible en: <https://bmcmmedinformdecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12911-017-0444-2>

39. Matas A. Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. REDIE [Internet]. 2018 [citado 26 noviembre 2022];20(1):38–47. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1607-40412018000100038&lng=es&nrm=iso&tlng=es

8. Anexos

Anexo 1:

mie 10:27

Laboratorio Bronco-Pulm x Laboratorio Bronco-Pulm x +

127.0.0.1:10100

Gmail YouTube Maps form-data - npm ExpressJS - Fo...

Central de Exámenes

Nombre Paciente
654321

Reporte de Examen

ESPIROMETRIA

Apellido: Xxxxxxx Xxxxxxxx Nombre: Xxxxxx
Identificación: Xxxxxxxx Edad: 50 Años
Talla: 174.0 cm Peso: 60.0 kg
Operador: --

Ref: Quanjer-GLI 2012
Equipo: Jaeger MS FFF-Pro

	TEORIC	LIN	Act1	% Teor	Post Bd	% Teor	% camb
FVC	4.03	3.13	4.35	108.0	4.40	109.4	1.22
FEV 1	3.19	2.50	3.17	99.4	3.17	99.2	-0.26
FEV1/F	79.94	69.75	72.98	91.3	71.92	90.0	-1.46
MDEP	3.00	1.51	2.29	76.4	2.20	73.4	-3.95
PEF			7.65		7.65		-0.09
PEF 25			5.13		5.74		11.45
PEF 50	3.00	1.51	3.25	108.2	3.21	107.0	-1.12
PEF 75	1.04	0.18	0.88	84.8	0.96	92.0	8.43
MVV	93.85	79.77					

Fecha: 21-11-21
Hora: 08:57:0

21-11-22
09:11:38

CONCLUSIONES
Espirometria Normal

DR. Virtualine Mortiz

Selección: --Elija una opción--
--Elija una opción--
Enviar a Médico Tratante
Historico del Paciente

Siguiente

Contacto: Fabiola Ibañez -- fbañez@uoc.es

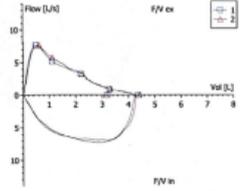
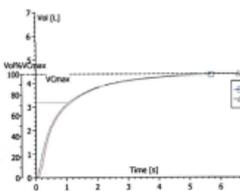
Anexo 2:

15432123

Reporte de espirometro

ESPIROMETRIA

Apellido: XXXXXXXX XXXXXXXXXX Nombre: XXXXXX
 Identificación: XXXXXXXXXXXX Edad: 50 Años
 Talla: 174,0 cm Peso: 60,0 kg
 Operador: --

Ref: Quanjer-GLI 2012
 Equipo: Jaeger MS FFT-Pro

	TEORIC	LEN	Act1	% Teor	Post Rd	% Teor	% camb
FVC	4.03	3.13	4.35	108.0	4.40	109.4	1.22
FEV1	3.19	2.50	3.37	99.4	3.17	99.2	-0.26
FEV1&F	79.94	69.75	72.98	91.3	71.91	90.0	-1.46
MEF	3.00	1.51	2.29	76.4	2.20	73.4	-3.95
PEF			7.65		7.65		-0.09
PEF 25			5.15		5.74		11.45
PEF 50	3.00	1.51	3.25	108.2	3.21	107.0	-1.12
PEF 75	1.04	0.18	0.88	84.0	0.96	92.0	8.43
MFV	93.85	79.77					

Fecha: 21-11-22 21-11-22
 Hora: 08:57:0 09:11:38

CONCLUSIONES
Espirometría Normal

DR. Virtualine Mortiz

Editar Conclusiones:

Seleccione: --Elija una opción--
--Elija una opción--
Virtualine Mortiz
Historico del Paciente
Pendiente

Contato: Fulano -- fulano@clinica.es