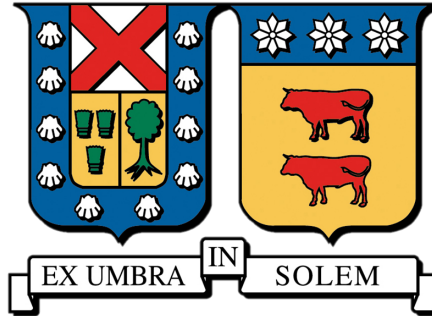


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
VALPARAÍSO - CHILE



Proximity 2.0
“ Aplicación basada en inteligencia artificial de
asistencia a radiólogos para estudios de diagnóstico
diferencial en imágenes de tórax ”

JOSUÉ ANTONIO SANDOVAL ROMERO

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL TELEMÁTICO

PROFESOR GUÍA:

PATRICIO OLIVARES R

PROFESORA CORREFERENTE:

LIUBOV DOMBROVSKAIA

Marzo 2024

Agradecimientos

En primera instancia me gustaría agradecer a mi familia, que han sido un punto de apoyo incondicional durante este proceso, a mi equipo de trabajo en el desafío del Programa de Memorias Multidisciplinarias, Piero, Matías y Constanza, por el trabajo arduo realizado desarrollado en esta solución, a mi profesor Guía Patricio Olivares y la mi profesora Co-Referente Liubov Dombrovskaia, los cuales fueron guías durante las múltiples etapas de este proceso, brindando herramientas y tutela.

A mis compañeros de carrera que estuvieron presentes en las distintas etapas, siempre compartiendo y apoyando, aportando nuevas perspectivas y opiniones acerca del desarrollo de este proyecto. Todo esto se hizo realidad gracias a ustedes. Fue el resultado de múltiples eventos que fueron de impacto tanto en el ámbito académico, a la vez que en mi crecimiento personal y desarrollo.

Resumen

En el ámbito de la salud, diariamente médicos radiólogos y especialistas llevan a cabo numerosos estudios y pruebas con el fin de diagnosticar a un paciente. Uno de los procedimientos más populares a la hora de realizar un diagnóstico es el diagnóstico diferencial. Este consta de una serie de pasos para descartar y analizar posibles afecciones que el paciente podría estar padeciendo. Este enfoque clásico se basa en la comparación de casos similares, ya sea buscando situaciones parecidas o identificando patrones previamente establecidos. La complicación inherente a cada escenario y la tarea de descartar múltiples opciones colaboran a que este procedimiento llevar bastante tiempo.

En el contexto específico de los médicos radiólogos, el diagnóstico diferencial implica comparar tomografías computarizadas, también conocidas como cortes transversales (CT), con diagnósticos asociados a otras tomografías, a través del reconocimiento de patrones en secciones específicas de estas imágenes. Esta tarea puede resultar tediosa y compleja, al tener que comparar en repetidas ocasiones largos informes e imágenes de manera manual.

Las capacidades de los modelos de inteligencia artificial (IA) permite comparar tomografías proporcionadas por los médicos con cortes transversales ya etiquetados y procesados, como una forma de agilizar el proceso de diagnóstico.

Aunque las herramientas impulsadas por inteligencia artificial pueden ser muy útiles, su eficacia no solo está determinada por la elección de un modelo adecuado, sino que también de la manera en la que el profesional interactúa con las mismas. Es por ello que, en este proyecto, se plantea la implementación de una aplicación que permita a los médicos interactuar con los diagnósticos similares y compararlos entre sí, además otorgar la capacidad de realizar consultas utilizando parámetros y etiquetas, con tal de

obtener el diagnóstico más preciso posible.

En conjunto a un equipo multidisciplinario se plantea desarrollar esta herramienta, en este documento se explicara sobre el trabajo efectuado para desarrollar una aplicación completa, especificando en la visualización de datos medicos e integración con el front-end de la aplicación como encargado de esta sección.

Como resultado, se espera proporcionar a los médicos una variedad de casos similares al caso en estudio, junto con las herramientas necesarias para explorar las múltiples dimensiones que conlleva el diagnóstico de un paciente. Esto se logrará a través de una aplicación web diseñada para satisfacer las necesidades y la perspectiva de los médicos especialistas.

Abstract

keywords: Differential diagnosis, User interfaces, User experience, Continuous Development

In the field of health, radiologists and specialists conduct numerous studies and tests daily to diagnose a patient. One of the most popular procedures for making a diagnosis is the differential diagnosis. This involves a series of steps to rule out and analyze possible conditions that the patient may be experiencing. This classic approach is based on comparing similar cases, either by looking for similar situations or identifying previously established patterns. The inherent complexity of each scenario and the task of ruling out multiple options contribute to making this procedure time-consuming.

In the specific context of radiologists, the differential diagnosis involves comparing computed tomographies, also known as cross-sectional scans (CT), with diagnoses associated with other tomographies, through pattern recognition in specific sections of these images. This task can be tedious and complex, as it requires repeatedly comparing lengthy reports and images manually.

The capabilities of artificial intelligence (AI) models allow for the comparison of tomographies provided by doctors with pre-labeled and processed cross-sectional scans, as a way to streamline the diagnostic process.

Although AI-driven tools can be very helpful, their effectiveness is not only determined by choosing an appropriate model but also by how the professional interacts with them. Therefore, this project proposes the implementation of an application that allows doctors to interact with similar diagnoses and compare them, as well as provide the ability to make inquiries using parameters and labels, in order to obtain the most accurate diagnosis possible.

With a multidisciplinary team, we set out to develop this tool. This document will explain the work done to develop a complete application, specifying the visualization of medical data and the integration with the front-end of the application as responsible for this section.

As a result, the goal is to provide doctors with a variety of cases similar to the one under study, along with the necessary tools to explore the multiple dimensions involved in diagnosing a patient. This will be achieved through a web application designed to meet the needs and perspective of specialist doctors.

Glosario

Diagnóstico¹: El diagnóstico es el proceso de identificar y determinar la naturaleza de una enfermedad, trastorno o condición médica a través de la evaluación de los signos, síntomas, pruebas de laboratorio, imágenes médicas y la historia clínica del paciente.

Diagnóstico Diferencial²: Relación de enfermedades que pueden ser las causantes de los síntomas y signos que sufre un paciente, destacando la comparación entre casos similares para finalmente realizar un diagnóstico basado en similitudes.

Médico Interno³: Profesional del área de la medicina que ha completado la educación médica de grado y está realizando un periodo de formación especializada y práctica en un entorno hospitalario.

Inteligencia artificial⁴: Campo de la informática que se centra en desarrollar sistemas y algoritmos capaces de realizar tareas que, tradicionalmente, requieren inteligencia humana. Estos sistemas pueden aprender, razonar, reconocer patrones y tomar decisiones, adaptándose a nuevas situaciones.

ALPACS⁵: Consorcio de múltiples instituciones, tanto del ámbito académico como del ámbito médico, que trabajan en conjunto para generar una plataforma de imágenes de datos médicos inter-operables.

Patologías⁶: Condiciones anormales o enfermedades que afectan la estructura o función de un organismo, órgano o sistema.

Digital Imaging and Communications in Medicine⁷: Estándar internacional utilizado en el campo de la radiología y la imagen médica. Este estándar define el formato y la comunicación de la información médica de imágenes, facilitando la interoperabilidad y el intercambio de datos entre dispositivos y sistemas médicos.

Metadata⁸: datos que proporcionan información sobre uno o más aspectos de los datos; se utiliza para resumir información básica sobre datos que pueden facilitar el seguimiento y el trabajo con datos específicos [23].

Identificador⁹: Conjunto único de caracteres o números asignado a un objeto, entidad o elemento dentro de un sistema para distinguirlo de manera única de otros. Su propósito

principal es proporcionar una referencia única a dicho objeto, facilitando su identificación y gestión en diferentes contextos.

Paradigma¹⁰: Modelo, patrón o conjunto de creencias y prácticas que establece la manera en que se aborda un campo particular de estudio o una actividad.

Escalabilidad¹¹: Capacidad de un sistema, aplicación o proceso para manejar un crecimiento adicional sin comprometer su rendimiento, eficiencia o funcionalidad.

Ciencia de datos¹²: Campo interdisciplinario que utiliza métodos científicos, procesos y sistemas para extraer conocimiento y entendimiento a partir de datos en diversas formas. Combina técnicas de estadística, matemáticas, informática y dominio de la industria para analizar y comprender fenómenos, resolver problemas y tomar decisiones.

Terminología¹³: Conjunto de términos específicos y su significado utilizado en un campo de estudio o disciplina.

Aplicación web¹⁴: Programa informático diseñado para ejecutarse en un navegador web, se accede a través de internet.

interoperabilidad¹⁵: Capacidad de diferentes sistemas, dispositivos o componentes de trabajar juntos de manera eficiente y sin problemas.

Cuadro Clínico¹⁶: Presentación y descripción completa de los signos, síntomas y características observadas en un paciente en relación con una enfermedad, trastorno o condición médica específica.

Radiografía¹⁷ Técnica de diagnóstico médico que utiliza radiación ionizante para obtener imágenes detalladas del interior del cuerpo, muestra estructuras internas como huesos y tejidos blandos.

Producto Mínimo viable¹⁸: Versión simplificada de un producto o servicio que incorpora únicamente las características esenciales necesarias para satisfacer las necesidades iniciales de los usuarios y validar la viabilidad del concepto.

Front-end¹⁹: Parte visual e interfaz de usuario de una aplicación o sitio web. Es la capa con la que interactúan los usuarios directamente, y abarca el diseño, la presentación y la interactividad que experimentan al utilizar una aplicación o navegar por un sitio web.

Back-end²⁰ : Sistema informático que se encarga de la lógica, procesamiento y alma-

cenamiento de datos. Es la capa que opera detrás de la interfaz de usuario y se encarga de manejar las operaciones que no son directamente visibles para el usuario final.

Área de servicios²¹: Sector que se centra en la provisión de intangibles, como asesoría, experiencia, conocimientos o actividades, en lugar de bienes tangibles.

Área médica²²: El área médica engloba el conjunto de disciplinas y prácticas relacionadas con la salud, el diagnóstico, el tratamiento y la prevención de enfermedades.

Área de gestión²³: Área destinada a planificar, organizar, dirigir y controlar los recursos y actividades de una organización con el objetivo de alcanzar metas y objetivos.

Transferencia Tecnológica²⁴: Proceso de compartir conocimientos, descubrimientos, innovaciones o tecnologías desarrolladas en un contexto para que sean utilizados en otro.

Código Abierto²⁵: software cuyo código fuente es accesible y disponible para el público en general.

Framework²⁶: Estructura conceptual y técnica que proporciona un entorno para el desarrollo, la implementación y la gestión de software. Consiste en una serie de herramientas, bibliotecas, estándares y pautas.

Consulta²⁷: Solicitud o petición de información realizada a una base de datos o a un sistema informático. Se utiliza para recuperar, actualizar o manipular datos almacenados de acuerdo con ciertos criterios.

API²⁸: Conjunto de reglas y protocolos que permite a un software comunicarse con otro, con el fin de compartir funciones destinadas a ser utilizadas por otro software.

Swagger²⁹: Conjunto de herramientas que facilita el diseño, la construcción, la documentación y el consumo de servicios web RESTful ⁴³. Incluye un lenguaje de descripción llamado OpenAPI Specification (anteriormente conocido como Swagger Specification), que permite definir la estructura y funcionalidad de una API de manera clara y legible.

JSON³⁰: Formato de intercambio de datos ligero y legible por humanos.

Requisito funcional³¹: Declaración detallada que describe la función específica que un sistema, producto o componente de software debe realizar. Definen las capacidades y

las operaciones que el sistema debe ser capaz de llevar a cabo, en respuesta a ciertas entradas.

Red Neuronal³²: modelo computacional inspirado en la estructura y funcionamiento del cerebro humano. Está diseñada para realizar tareas específicas, como reconocimiento de patrones, clasificación, regresión, entre otras.

Disímiles³³: adjetivo que se utiliza para describir cosas o personas que son diferentes o diversas en naturaleza, características o aspectos. Indica la falta de similitud o semejanza entre dos o más elementos.

Paleta de colores³⁴: Conjunto predefinido y armonizado de colores que se eligen para un propósito específico, como diseño gráfico, pintura, diseño de sitios web, entre otros.

Base de datos³⁵ : conjunto organizado de datos estructurados almacenados en un sistema de computadoras.

URI³⁶ :Identificador de Recursos Uniforme.^{en} inglés, se refiere a una cadena de caracteres que proporciona un método uniforme para identificar un recurso particular, ya sea en la web o en otros contextos.

DES³⁷: Algoritmo de cifrado simétrico que fue adoptado como estándar por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST).

URL³⁸: cadena de caracteres que proporciona la dirección de un recurso en la web.

Red Local³⁹ red de computadoras que se encuentra dentro de un área geográfica limitada, como un hogar, una oficina o un clúster de servidores.

Login⁴⁰: Proceso mediante el cual un usuario accede a un sistema, aplicación o plataforma proporcionando credenciales únicas que lo identifican.

Slider⁴¹ : Componente de interfaz de usuario utilizado en diseño web para permitir a los usuarios seleccionar un valor de un rango específico mediante un control deslizante visual.

DashBoard⁴²: Interfaz visual que presenta información clave de manera resumida y accesible, permitiendo a los usuarios monitorear y analizar datos relevantes de un vistazo, también conocido como "Tablero de control"

RESTful⁴³: Estilo de arquitectura de software para diseñar servicios web que se basa en los principios de REST. REST es un conjunto de restricciones arquitectónicas que se centran en la simplicidad, escalabilidad y rendimiento de los sistemas distribuidos.

Acrónimos

IA : Inteligencia Artificial

ML: Machine Learning

ID: Identificador

JSON: JavaScript Object Notation

PMV: Producto Mínimo Viable

MVC: Model View Controller

API: Application Programming Interface

HTTP: Hypertext Transfer Protocol

DES: Data Encryption Standard

CT: Corte Transversal

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Problemática a resolver	4
1.2. Acercamiento a la solución: Proximity 2.0	5
2. Estado del arte y la técnica	6
2.1. Contexto médico	6
2.1.1. ¿Qué es diagnóstico diferencial?	6
2.1.2. ¿Qué es un corte transversal?	7
2.1.3. Estado final Proximity 1.0	8
2.1.4. ¿Cuál es el estado del mercado?	9
2.2. Ecosistema de desarrollo	10
2.2.1. Entorno de desarrollo	11
2.2.2. Capa de presentación y diseño de interfaz	13
2.2.3. Stack de Tecnologías	14
3. Diseño de solución	19
3.1. Requisitos Funcionales	19
3.2. Requisitos No Funcionales	20
3.3. Requisitos de Interfaces	21
3.4. Requisitos de Ambiente	22
3.4.1. Hardware de Desarrollo	22
3.4.2. Software de Desarrollo	22

3.4.3.	Perfiles de usuario	22
3.5.	Diseño de Arquitectura del Sistema	23
3.5.1.	Diagrama de Arquitectura	24
3.5.2.	Descripción de componentes	25
3.5.3.	Matriz de Requisitos Funcionales y Componentes	29
3.5.4.	Inicio prototipo	30
3.6.	Validación 2° da iteración	37
4.	Desarrollo de la aplicación	40
4.1.	Partes, componentes, planos y disposición	40
4.1.1.	Vista Inicio de Sesión	40
4.1.2.	Vista Panel Casos Agregados	41
4.1.3.	Vista Uso Académico	43
4.1.4.	Vista Resultados	43
4.1.5.	Vista Comparación de CTs	44
4.2.	Prototipo funcional	46
4.2.1.	Desarrollo Herramientas Médicas	46
4.2.2.	Retroalimentación y cambios menores	51
5.	Resultados	52
5.1.	Vistas	52
5.1.1.	Vista inicio de sesión	52
5.1.2.	Vista Panel Casos Agregados	53
5.1.3.	Vista de Uso académico	54
5.1.4.	Vista Resultados	54
5.1.5.	Vista Comparación de CTs	55
5.2.	Revisión de Prototipo	55
5.2.1.	Casos de Uso	57

6. Conclusiones y Trabajos futuros	68
6.1. Trabajo Futuro	69
6.1.1. Migración al 3D	69
6.1.2. Actualización tecnologías	70
6.1.3. Completitud de la plataforma	70

Índice de figuras

1.1. Histograma, cantidad de personas en lista de espera.	1
2.1. Imagen de referencia de una tomografía computarizada.	8
2.2. Esquema con etapas de desarrollo de proyectos de sistemas informáticos.	11
2.3. Ecosistema de desarrollo.	18
3.1. Diagrama de contexto	24
3.2. Arquitectura del núcleo de la aplicación	25
3.3. Prototipo "Quick and dirty prototyping".	31
3.4. Vista inicio de sesión, segunda iteración.	33
3.5. Vista Dashboard Prototipo preliminar, segunda iteración	33
3.6. Vista CT y Resultados, segunda iteración.	34
3.7. Vista Comparación CTs, segunda iteración.	34
3.8. Paleta de colores, versión diurna	36
3.9. Paleta de colores, versión nocturna	36
3.10. Modelo de navegación.	37
4.1. Vista inicio de sesión.	41
4.2. Vista panel de casos agregados.	42
4.3. Vista de uso académico.	43
4.4. Vista de resultados.	44
4.5. Vista de comparación de CTs.	45
4.6. Vista de comparación de CTs preliminar Proximity V2.2.	46

4.7. Posición de las herramientas.	50
4.8. Posición de la barra de herramientas dentro de la vista.	51
5.1. Vista de inicio de sesión	53
5.2. Vista panel de casos agregados	53
5.3. Vista de uso académico	54
5.4. Vista de resultados	54
5.5. Vista de comparación de CTs	55
5.6. Diagrama inicio de sesión.	58
5.7. Diagrama búsqueda de CTs.	58
5.8. Diagrama comparación de CTs.	59
5.9. Vista de inicio de sesión, donde se cumplen los pasos 1,2 y 3	59
5.10. Vista de casos agregados, donde se cumplen los pasos 4 y 5	59
5.11. Vista de resultados donde se cumple el paso 6 y 7	60
5.12. Vista comparación de CTs realizando el paso 8	60
5.13. Diagrama inicio de sesión.	62
5.14. Diagrama búsqueda de CTs.	62
5.15. Diagrama comparación de CTs.	63
5.16. Vista de inicio de sesión, donde se cumplen los pasos 1,2 y 3	63
5.17. Vista de casos agregados, donde se cumplen los pasos 4 y 5.	63
5.18. Vista principal donde se cumple el paso 6 y 7.	64
5.19. Vista principal realizando el paso 8	64

Capítulo 1

Introducción

En la actualidad, se ha observado un incremento significativo en la afluencia de pacientes a los recintos de salud. En Chile en numero de personas esperando ser atendidas por parte del sistema publico supera a los 2 millones y medio de personas y este numero se ha mantenido en aumento desde el año 2021 como refleja en el histograma 1.1) , tal como se exponen en las Glosas presupuestarias publicadas por el ministerio de salud. [1].

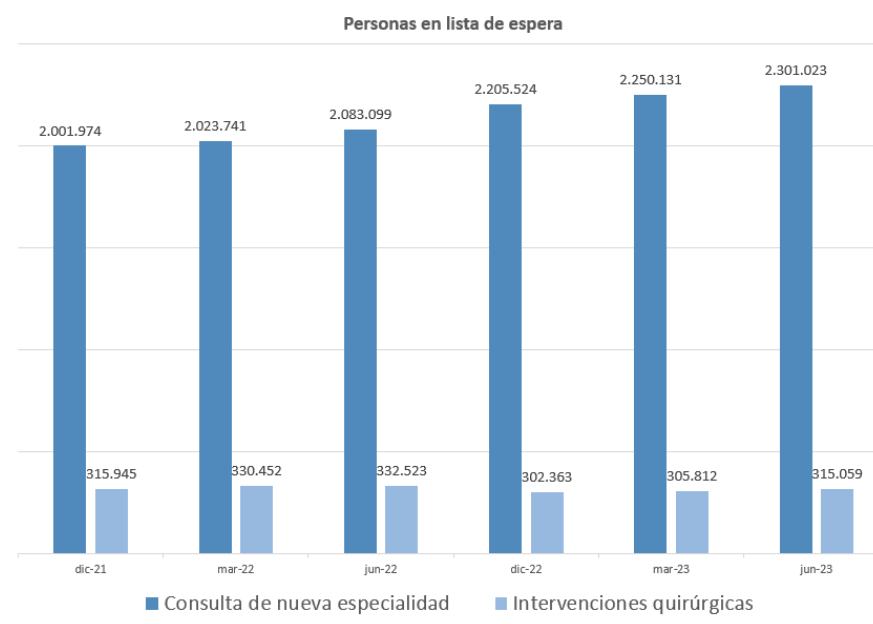


Figura 1.1: Histograma, cantidad de personas en lista de espera.

Para atender esta situación el ministerio de salud promueve que cada medico atienda alrededor de 4 pacientes por hora, tal como se explica en el documento [2].

Este tiempo de consulta limitado y aumento de la demanda ha generado la necesidad de contar con herramientas y sistemas que permitan agilizar el tratamiento, realizar diagnósticos ¹ más acertados y atender a los pacientes de manera eficiente. Los profesionales del ámbito de la salud se enfrentan al desafío de brindar un resultado temprano y preciso,

Actualmente, se utiliza la técnica de **Diagnóstico Diferencial** ², lo que implica la exploración exhaustiva de diferentes diagnósticos diferenciales. Esta exploración normalmente se realiza a manualmente por parte de los médicos radiólogos.

Por otra parte, en el ámbito de la docencia siempre se buscan nuevas opciones para formar a los futuros profesionales del área de la salud y apoyar a los internos ³ con herramientas capaces de entregar casos de estudios relevantes.

En la actualidad, la IA aparece como una gran alternativa para abordar este tipo de desafíos, tal como se menciona en el artículo [3] la inteligencia artificial ⁴, se presenta como una oportunidad de generar soluciones al nivel de las expectativas de los médicos.

Con el propósito de abordar estas problemáticas, ha surgido el consorcio ALPACS ⁵ el cual abarca distintas instituciones tanto del ámbito docente como de la salud, con el fin de desarrollar una plataforma capaz de alojar, proveer y procesar datos médicos de manera inter operable.

En respuesta a esta creciente demanda y a la búsqueda de soluciones más efectivas, ALPACS ha desarrollado la herramienta Proximity. Esta tiene por objetivo principal identificar patologías ⁶ mediante la exploración de diagnósticos diferenciales y recuperar una serie de imágenes (Conjunto de imágenes bidimensionales) que comparten

características similares a volúmenes de datos ingresados.

Específicamente en el diagnóstico diferencial mediante tomografías, Proximity es capaz de trabajar en formato .dcm ⁷, el cual contiene tanto información importante del diagnóstico (metadata) ⁸ como las imágenes referentes a la tomografía en cuestión. Utilizando de esta información en conjunto de modelos de inteligencia artificial, Proximity es capaz de entregar diagnósticos similares a los ingresados dentro de la plataforma, dando a los médicos una visión amplia del espectro de posibles diagnósticos que puede estar afectando al paciente.

Luego de una primera iteración del grupo ALPACS se llegó a la versión Proximity 1.0 la cual consta de un visualizador de cortes transversales básicos de tomografía de tórax, donde el especialista podía obtener y mostrar los diagnósticos similares, una corte transversal ingresado previamente.

Sin embargo, algunos aspectos de esta versión podrían mejorarse, como el largo de los identificadores ⁹ de cada diagnósticos, la saturación de elementos de la pantalla y la complejidad para ingresar y buscar cierto diagnóstico. En este proyecto se plantea una interfaz mejorada, acorde a las expectativas esperadas por los médicos.

1.1. Problemática a resolver

La problemática en cuestión parte del contexto previamente descrito, con una aplicación útil para la labor médica y docente, pero planteada en primera instancia con una mirada independiente y propuesta desde un punto de vista netamente funcional. Buscando cambiar este paradigma ¹⁰ se plantea realizar una aplicación que facilite las labores médicas en este ámbito, pero que a la vez resulte intuitiva e incremental en un futuro. También se busca que esta aplicación posea escalabilidad ¹¹, para la futura incorporación de mejoras propuesta por parte del equipo de ciencia de datos ¹².

De aquí surgen las siguientes interrogantes, ¿Cómo se puede diseñar una interfaz médica que cumpla las expectativas de los médicos y docentes? ¿Qué trabajo se debe realizar para lograr unir ambos sectores? ¿Cómo se puede presentar las herramientas desarrolladas por el equipo Proximity para que sean intuitivas para los médicos?

El proyecto tendrá como base abordar las necesidades de los médicos y docentes, haciéndolas parte de esta solución. La aplicación tendrá que incorporar la terminología ¹³ de diagnóstico médico y etiquetas necesarias para su función, además de brindarles a los usuarios las herramientas desarrolladas por ALPACS en un formato simple y útil.

1.2. Acercamiento a la solución: Proximity 2.0

En primera instancia, se propone una plataforma informática en formato de aplicación web ¹⁴, donde los médicos radiólogos puedan acceder a los repositorios interoperables ¹⁵ de ALPACS de manera guiada. Además puedan buscar mediante el uso de facilitadores diagnósticos específicos y sus casos de estudios en cuestión y, por último, haciendo el uso de las herramientas desarrolladas, puedan comparar los múltiples diagnósticos mediante herramientas de visualización médica.

Con tal de satisfacer las necesidades de los médicos internos, se busca que la aplicación pueda mostrar distintos cortes transversales para estudio de ejemplares, obtener informes referentes a diagnósticos, visualizar e interactuar con los diagnósticos, teniendo a su disposición el repositorio ALPACS como fuente de estudio.

Así nace el proyecto Proximity 2.0, una mejora de la versión 1.0, con el apoyo y visión de especialistas del área de la salud.

Capítulo 2

Estado del arte y la técnica

2.1. Contexto médico

En esta sección se explicará el estado actual del área de la salud, específicamente el contexto del diagnóstico diferencial y el estado de las herramientas médicas asociadas a este.

2.1.1. ¿Qué es diagnóstico diferencial?

El diagnóstico diferencial es el procedimiento por el cual se busca identificar cierta enfermedad mediante la exclusión de otras posibles causas que presenten un cuadro clínico ¹⁶ semejante al que el paciente padece.

Como se explica en [5], el diagnóstico diferencial es de gran importancia en el área de la medicina, dado que guía a los médicos en su labor de diagnosticar a los pacientes, enfocándose primeramente en las enfermedades más probables y descartando las menos probables.

En el caso específico de tomografías computarizadas se pueden observar múltiples de estos factores mediante el análisis de estas imágenes.

Existe una serie de factores necesarios previos a la emisión de un diagnóstico diferencial. En primer lugar, el proceso que se inicia no es unilateral, y requiere sensibilidad y responsabilidades de ambas partes (profesional y paciente), por lo cual cabe recalcar que, aunque existan múltiples formas de apoyar este proceso, estas no están pensadas en diagnosticar, sino brindar al profesional de las herramientas necesarias para facilitar esta decisión.

2.1.2. ¿Qué es un corte transversal?

El concepto de tomografía computarizada, se refiere a un procedimiento automatizado de adquisición de imágenes mediante rayos X. En este proceso, se dirige un estrecho haz de rayos X hacia un paciente y se hace girar rápidamente alrededor de su cuerpo. Esto genera señales que son luego procesadas por la computadora del equipo, dando como resultado imágenes transversales conocidas como “cortes”. Estas tomografías pueden proporcionar información más detallada que las radiografías ¹⁷ convencionales. Un ejemplo de estos cortes se puede observar en la imagen (Figura 2.1) disponible gracias al repositorio abierto [4].



Figura 2.1: Imagen de referencia de una tomografía computarizada.

Cuando la computadora ha recopilado varios cortes sucesivos, estos se pueden apilar de manera digital para crear una imagen tridimensional del paciente. Esta imagen facilita la identificación de las estructuras anatómicas básicas y la detección de anomalías de forma más efectiva.

Esta imagen tridimensional es conocida como corte transversal, abreviado CT y es utilizada como recurso principal dentro de Proximity.

2.1.3. Estado final Proximity 1.0

Proximity 1.0 es una aplicación basada en inteligencia artificial para establecer semejanzas entre tomografías computarizadas utilizando arquitecturas de deep learning.

Proximity 1.0 ha finalizado su fase de validación de concepto y ha entregado una herramienta de análisis de imágenes, la cual se basa en un modelo de Redes neuronales³². Este modelo, en pocas palabras, determina puntos característicos de las imágenes, con tal de comparar la similitud entre estas, entregando diagnósticos similares entre sí utilizando métricas de proximidad.

A pesar de ser una herramienta útil para la labor médica, Promity 1.0 presenta limitaciones, ya que carece de una interfaz gráfica acorde a los requerimientos médicos y está diseñada como una aplicación de escritorio. Además, carece tanto del FrontEnd¹⁹ como del BackEnd²⁰ necesarios para ser implementada eficientemente como una versión web, la cual podría ofrecer beneficios adicionales para el manejo médico.

Alpacs cuenta con un equipo multidisciplinario dividido en áreas, tales como: área Servicios²¹, área de ciencia de datos, área Médica²² y área gestión²³ y transferencia tecnológica²⁴.

Aunque existen diversas aplicaciones basadas en inteligencia artificial destinadas a brindar asistencia a los médicos radiólogos en el mercado, ninguna de ellas se centra específicamente en el diagnóstico diferencial mediante el empleo de modelos de inteligencia artificial que utilicen tomografías computarizadas, como es el caso de Proximity2.0. Para esta versión se espera lograr una plataforma que se utilice en docencia e investigación, permitiendo la prueba y consolidación del modelo para su posterior extensión y comercialización dentro del rubro profesional.

2.1.4. ¿Cuál es el estado del mercado?

La aplicación de Proximity tiene como mercado el sector de la salud y educación, dirigida a instituciones médicas y docentes, con profesionales médicos y entornos edu-

cativos. La aplicación ofrece la capacidad de realizar estudios de diagnóstico diferencial en imágenes de tórax, diferenciándose de la competencia al utilizar cortes transversales para el análisis de casos y enfocándose netamente en tomografías digitalizadas.

Sin embargo, cabe destacar que es un mercado altamente competitivo. Con el auge en el uso de datos e inteligencia artificial, la demanda por soluciones tecnológicas se ha incrementado. Esto ha llevado a la proliferación de empresas que ofrecen una amplia gama de soluciones de software médico.

Con el crecimiento del mercado global de tecnología médica y la demanda de soluciones mejoradas, Proximity puede posicionarse como una solución líder, expandiéndose a nivel internacional y estableciendo asociaciones estratégicas en el sector de la salud.

2.2. Ecosistema de desarrollo

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una nueva herramienta informática diseñada para asistir en la resolución de desafíos, que afectan la vida diaria de un grupo específico de personas.

Por consiguiente, tal como ocurre en la disciplina de ingeniería, se hace necesario llevar a cabo un análisis y planificación sistemática. Estos pasos permiten definir los objetivos, los módulos de funcionamiento, la arquitectura de la solución y otros conceptos esenciales para establecer un plan de trabajo que garantice la correcta ejecución del proyecto. Tal como explica Alejandro Hernández, académico de la universidad de Zaragoza [6] estas necesidades pueden ser abordadas por etapas. A continuación, se proporciona una imagen que ilustra las diversas etapas involucradas en el desarrollo de este sistema informático (Figura 2.2).

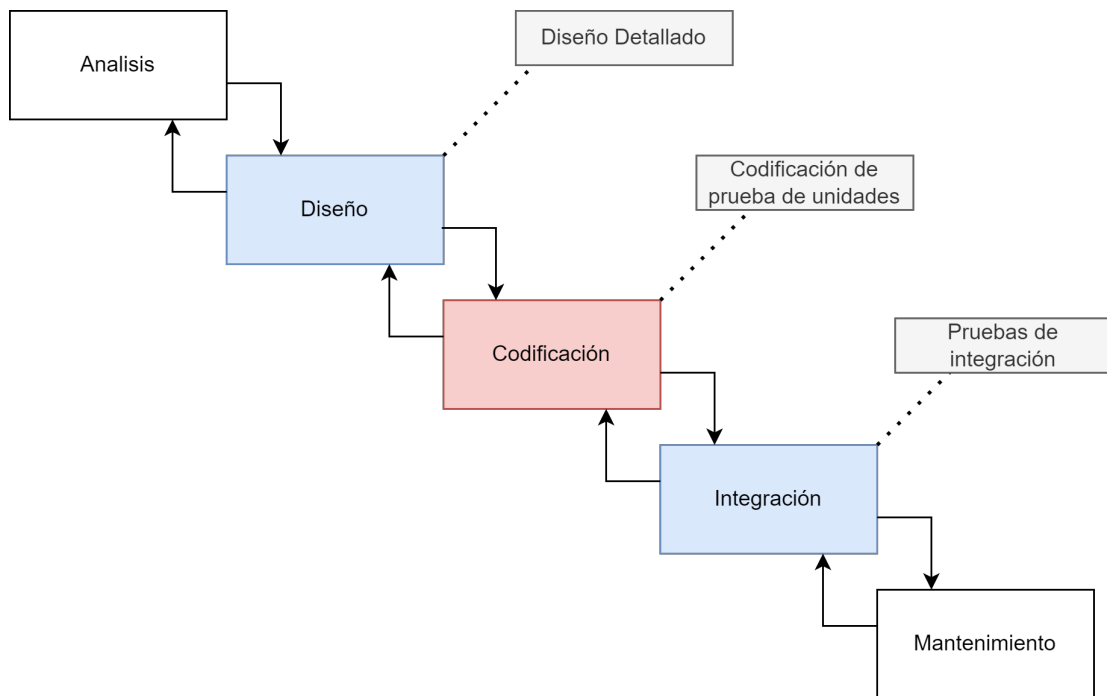


Figura 2.2: Esquema con etapas de desarrollo de proyectos de sistemas informáticos.

Como se muestra, es necesario analizar la problemática propuesta antes de pasar a una etapa de diseño. Dentro de este proceso se encuentran las definiciones de las tecnologías a utilizar. La asignación de estas será de gran importancia para el resto del proyecto, por lo cual es necesario analizar y comparar las herramientas más utilizadas, para este contexto. Cabe resaltar que existen grandes avances realizados por la comunidad de desarrolladores, tanto en el ámbito de librerías para la visualización de imágenes médicas de código abierto ²⁵, y en el contexto de la programación como tal.

2.2.1. Entorno de desarrollo

Generalmente, al referirse al concepto de entorno de desarrollo, los profesionales del área de la informática lo asocian con el software utilizado para programar el código, y esta percepción es precisa. De hecho, se define el entorno de desarrollo como

“un conjunto de procedimientos y herramientas que los desarrolladores utilizan para escribir, compilar, depurar, actualizar, integrar, probar, validar y ejecutar programas”.

Sin embargo, el software utilizado tiene que poseer las herramientas necesarias para trabajar dentro del contexto médico, además de permitir al equipo plasmar la visión de los médicos dentro de la solución.

En este contexto, la comunidad de desarrollo de aplicaciones ha introducido una serie de librerías para el desarrollo web, entre las cuales destaca Cornerstone [7], que permite trabajar con imágenes en múltiples formatos, incluyendo en formato .dcm en el cual se encuentran las imágenes médicas, además de poder crear y alterar herramientas, con las cuales se pueda visualizar de mejor manera estos archivos.

Esta herramienta está montada sobre JavaScript [8] y dada la flexibilidad de este lenguaje, se puede utilizar en distintos Frameworks ²⁶, como React [9] y Vue [10], lo cual es un facilitador a la hora de presentar los resultados en la interfaz.

Sin embargo, el desarrollo de la aplicación no termina ahí, dado que es necesario incorporar las herramientas desarrolladas previamente dentro de esta nueva interfaz. Por lo cual es necesario generar un punto intermedio entre la interfaz y las herramientas, para el desarrollo. En este punto destaca el lenguaje de programación Python[11], el cual a su vez posee varios Frameworks de desarrollo web tales como Flask [12] por su alta flexibilidad e implementación sencilla, Django [13] por su compatibilidad y seguridad y FastApi[16] por su velocidad y eficiencia.

2.2.2. Capa de presentación y diseño de interfaz

Aunque los puntos previamente destacados resuelven ciertas tareas que debe cumplir la aplicación, como también la incorporación del trabajo realizado por el grupo ALPACS, aún faltan detalles que refieren a la capa de presentación.

La capa de presentación en el contexto del software tiene como funcionalidad transmitir al usuario la información recopilada en la capa de aplicación, realizando un proceso previo de filtrado y procesado. En ella elementos como la gramática y la sintaxis cobran importancia. Esta a su vez se comunica con la interfaz gráfica la cual tiene que tener que dar a conocer esta información de manera entendible, es crucial que esta sea clara y de fácil utilización.

Un aspecto que no forma directamente parte de la capa, pero es de suma importancia, es el diseño visual. Este diseño debe ser simple y directo, de tal manera que el usuario reconozca fácilmente las tareas a abordar, pero también tiene que ser cómodo y familiar para los médicos, para que la asimilación con la plataforma sea rápida.

Como el autor J. Nielsen destaca en su obra [18], Un diseño eficiente puede incrementar la utilización de componentes específicos, dado que todos los elementos dentro de la interfaz compiten por la atención del usuario. En consecuencia, el proceso de diseño y preparación de esta capa debe adoptar un enfoque sistemático, basado en la creación de prototipos de baja fidelidad. Este enfoque se analizará con mayor profundidad en el próximo capítulo.

Por lo cual la selección de las tecnologías a implementar tiene que tener esta problemática en cuenta. Deben ser capaces de generar una capa de aplicación limpia y ordenada, además tener la capacidad de presentar la información al usuario de manera clara.

2.2.3. Stack de Tecnologías

En esta sección se referirán las distintas tecnologías escogidas para el desarrollo de este proyecto.

Desarrollo Web

Entre las diversas opciones disponibles para la creación de la interfaz, JavaScript destaca como un lenguaje de programación versátil y fácil de aprender, ampliamente utilizado en el desarrollo de páginas web y software. En cuanto a la capacidad de trabajar con datos médicos, JavaScript cuenta con bibliotecas de código abierto para interactuar con ellos. Además, es importante destacar que JavaScript es un lenguaje de programación con una alta vigencia y capacidad de migración, lo cual se alinea con la visión de crecimiento de Proximity.

Referente al desarrollo de la interfaz web y visualizador como tal, se opta por proponer el ecosistema de Node.js [17] el cual se basa en el lenguaje JavaScript. Node.js además de ser reconocido por facilitar tareas de alto uso de ancho de banda, posee múltiples virtudes, tal como señalan los autores Shah, Hezbollah y Soomro, Tariq. en el artículo [19]. El ecosistema Node.js provee múltiples bibliotecas tanto para la visualización de datos y como para desarrollo web, haciendo esta tecnología de gran utilidad para nuestro proyecto

Al realizar selecciones de este tipo suele ser difícil retractarse. Por esta razón, surge la pregunta: ¿Por qué Node.js? ¿Cuáles son sus ventajas respecto a otras tecnologías? Respondiendo a estas interrogantes, se recurre a la referencia [20] donde el profesor Ghansham Jadhav y su pupila Flavia Gonsalves demuestran los beneficios de elegir esta tecnología, a continuación se ilustran las principales ventajas y desventajas de esta tecnología.

Ventajas

- Fácil de usar.

JavaScript se presenta como un lenguaje relativamente fácil de aprender. Su sintaxis es simple para principiantes. Comparte similitudes con lenguajes como Java o Python, lo cual lo hace fácil de entender para una alta gamma de desarrolladores.

- Popular en la comunidad.

Node.js se presenta como una opción rápida y altamente utilizada en la industria, obteniendo el primer lugar en la encuesta de popularidad en el sitio web “Stack Overflow” en el año 2019 [21].

- Modularidad.

Node es reconocido por su alta modularidad, permitiendo a los desarrolladores importar y exportar estos de manera sencilla. Estos proveen soluciones a paradigmas comunes dentro del mundo del desarrollo, desde importación y consulta²⁷ de datos hasta arreglo y visualización de interfaces. y son indispensables a la hora de implementar soluciones complejas.

- Desarrollo constante.

Node.js consta de una gran comunidad, la cual genera y refina código constantemente, manteniendo al sistema a la vanguardia de las nuevas tecnologías.

- Programación Asíncrona.

Node.js permite la programación asíncrona, brindando a los desarrolladores de herramienta útiles para el manejo de hilos y siendo útil especialmente en las consultas a aplicaciones externa.

- Librerías específicas.

El ecosistema Node.js posee librerías enfocadas tanto en el desarrollo web y paginas reactivas como Bootstrap [14], y librerías enfocadas en la visualización de datos médico como Cornerstone.js[15]

Desventajas

- Uso de GPU.

Node.js no resulta ser perfecto, dado que posee ciertas limitaciones a la hora de implementar, entre las principales se encuentra su alto consumo de GPU en comparación a otras tecnologías, lo cual puede conllevar un alto consumo de energía por parte del equipo.

- Complejidad de operaciones asincrónicas.

Dada la naturaleza de esta, la programación asincrónica puede resultar poco intuitiva para una gran parte de los desarrolladores, dado que existen múltiples variables que pueden afectar estas operaciones.

Además de estos puntos señalados, Node.js aporta un punto extra, al permitirnos con sus múltiples bibliotecas incorporar y descartar funcionalidades en el camino, a medida que la herramienta es verificada por los médicos especialistas. Aunque existe una etapa de diseño previo al desarrollo de esta herramienta, ciertos aspectos planteados durante este proceso pueden ser reevaluados por el equipo médico y nuevas necesidades pueden surgir durante el camino.

Por otra parte, es necesario de resolver la problemática del hilo conector entre la plataforma desarrollada con ALPACS, sus repositorios y la página en sí.

API Rest

Así es como se propone trabajar con FastAPI, un Framework de Python, para esta tarea. A la vez, cabe recalcar la ventaja de utilizar Python en este desarrollo. Python entrega una amplia gama de herramientas para trabajar con imágenes, lo cual es de gran ayuda a la hora de procesar la información recibida desde ALPACS .

Por otro lado, FastApi, como dice su nombre, permite montar una API ²⁸ de manera rápida. De esta manera se espera una comunicación entre la aplicación y las herramientas desarrolladas en ALPACS.

A continuación se explicarán las ventajas y desventajas respecto a otras tecnologías a la hora de montar la API según lo explicado en el documento [16] y la razón de utilizar estas tecnologías en específico

Ventajas

- Basado en estándares.

Basado y completamente compatible con estándares de aplicaciones de código abierto: OpenAPI (conocido como Swagger ²⁹) y el esquema JSON ³⁰.

- Robusto.

Al producir código dentro de la aplicación, esta permite generar documentación interactiva de manera sencilla, facilitando a los desarrolladores entender la API. Además de permitir la validación de datos para evitar errores.

- Acotado.

Minimiza la duplicación de código. permite múltiples características al declarar

parámetros. en un código menos extendido es más fácil identificar bugs.

- **Rápido.**

FastApi se caracteriza por su alto desempeño, se encuentra a la par con entornos como Node.js y Go, actualmente se encuentra entre los Frameworks de Python más rápidos del mercado.

Desventajas

- **Menor cantidad de paquetes.**

Dada que FastApi es un Framework relativamente nuevo, ciertos paquetes pueden no funcionar correctamente.

- **Comunidad limitada.**

Al ser un Framework relativamente nuevo, posee una pequeña cantidad de desarrolladores a diferencia de otros Frameworks como Flask o Django.

A continuación se muestra una imagen representativa para ilustrar de manera clara el ecosistema de desarrollo.

(Figura 2.3).



Figura 2.3: Ecosistema de desarrollo.

Capítulo 3

Diseño de solución

En esta sección se explicará las necesidades y requisitos de la problemática a desarrollar, con tal de identificar recursos y planes de acción para acotar estas necesidades. Este análisis se realizará mediante el uso de requisitos, los cuales se transforman en restricciones para generar un producto viable. Estos requisitos se dividen en dos tipos. En requisitos funcionales ³¹, derivados del funcionamiento del sistema, y requisitos no funcionales derivados de las expectativas del cliente, los cuales no están ligadas directamente al funcionamiento del sistema, sino a las expectativas asociadas a este.

En este levantamiento de requisitos también es necesario documentar los requisitos del ambiente. requisitos necesarios para la ejecución de la aplicación como tal, basados en métricas del ambiente de desarrollo.

3.1. Requisitos Funcionales

RF1.- El entorno web, debe permitir a los usuarios ingresar sus credenciales para acceder a la plataforma, la cual tiene que ser verificadas por una fuente externa.

RF2.- En el entorno web, una vez confirmada las credenciales de acceso, permitirá al

usuario consultar por algún caso de estudio según un ID específico.

RF3.- La plataforma debe estar interconectada con los servicios asociados a repositorios PACS y HAPI/FHIR para la recuperación de volúmenes 3D de tomografías torácicas solicitadas.

RF4.- Una vez obtenido el caso de estudio solicitado, la aplicación pasará el CT por la Red Neuronal ³² para que este sea procesado e indexado encontrado así sus anomalías.

RF5.- La aplicación buscará y retornará los casos de estudio con diagnósticos disímiles ³³ pero con anomalías visuales similares.

RF6.- El software desplegará por pantalla el CT solicitado, además de los demás casos de estudio similares para permitir el diagnóstico diferencial por parte del profesional médico.

RF7.- Al analizar uno de los casos retornados, la plataforma deberá mostrar por pantalla toda la información médica técnica disponible sobre la tomografía escogida.

RF8.- Al procesar el caso retornado, la plataforma permitirá a los usuarios médicos analizar el CT con herramientas de visualización de imágenes médicas.

3.2. Requisitos No Funcionales

RNF1.- Tras la consulta a la plataforma, esta no deberá tardar más de 1 minuto en presentar por pantalla la información pertinente.

RNF2.- La visualización de la información debe ser clara y de carácter técnico para el área médica.

RNF3.- La plataforma debe estar desplegada en la nube.

RNF4.- El software debe ser flexible y escalable a futuras funcionalidades aún no consideradas para esta versión.

3.3. Requisitos de Interfaces

Evento	Descripción	Iniciador	Parámetros	Respuesta
Solicitud de Caso de Estudio	Consultar por un CT con su ID a través de un buscador	Usuario	ID Volúmen 3D de tomografías	Despliegue de la vista con el CT correspondiente
Recuperación de casos similares	Adquisición de IDs correspondientes a los CT visualmente similares al consultado	Usuario / sistema	Embedding de CT consultado	Casos en pantalla para Diagnóstico Diferencial
Análisis de Caso	Visualización a detalle y lectura de información técnica asociada al CT	Usuario	Tomografías del Caso y diagnóstico asociado de existir	Vista informativa del CT

Tabla 3.1: Eventos externos

Respuesta	Descripción	Parámetro
Vista informativa del CT	Análisis detallado de un CT, se debe permitir la interacción con las imágenes además de disponer de la información diagnóstica asociada a este.	Identificador del corte transversal
Casos en pantalla para Diagnóstico Diferencial	Disposición de casos similares al consultado por pantalla, de tal forma que facilite la realización de un Diagnóstico Diferencial	CT de similitud visual al caso ejemplo
Despliegue de CT	Visualización por pantalla del caso solicitado, este debe ser expandible para análisis	Tomografías torácicas de Volúmen 3D solicitado

Tabla 3.2: Respuestas del sistema

3.4. Requisitos de Ambiente

3.4.1. Hardware de Desarrollo

- AMD Ryzen 5 3550H with Radeon Vega Mobile Gfx 2.10 GHz
- 16GB RAM
- 100GB de almacenamiento de disco

3.4.2. Software de Desarrollo

- Node.js
 - React
 - Bootstrap
 - Cornerstone
 - Cornerstone-tools
 - Vite
- Json
- Dicom-parser
- Hammerjs
- Fortawesome

3.4.3. Perfiles de usuario

Perfil	Socioeconómico y Cultural	Ocupación	Etario	Características fisiológicas, psicológicas.
Médico Radiólogo	Pertenece a alguna institución docente o investigativa	Profesional experto en análisis de tomografías torácicas	27 - 60 años	persona adulta que requiere la asistencia de una IA para mejora en sus diagnósticos
Becario de medicina	Asiste a alguna institución educativa o centro asistencial para exámenes radiológicos.	Titulado de medicina realizando su internado de radiología.	24 - 35 años	Aprendiz que utiliza la plataforma como forma de estudio y mejora de sus capacidades analíticas en diagnóstico diferencial

Tabla 3.3: Perfiles de Usuarios

3.5. Diseño de Arquitectura del Sistema

Durante esta sección se mostrarán las decisiones de diseño abordadas durante el transcurso del PMM, con tal de explicar de manera clara el planteamiento de la aplicación como tal, hacer de fácil entendimiento la solución planteada para el cliente y guiar al equipo durante el trabajo del prototipo.

El planteamiento de este sistema está basado en la problemática explicada previamente, por eso es que ciertos elementos como la paleta de colores ³⁴, la terminología empleada y las soluciones planteadas están basadas en este contexto.

Vale la pena recordar las capacidades y deseos de los usuarios. Estos no buscan interactuar directamente con la base de datos ³⁵ de ALPACS ni subir reportes a una red neural mediante comandos. Estos buscan interactuar con la plataforma de manera natural con la información de la plataforma para realizar un diagnóstico diferencial. Para explicar todo esto se adjunta un diagrama de contexto, en el cual se puede observar la solución planteada desde un punto de vista médico.

(Figura 3.1)

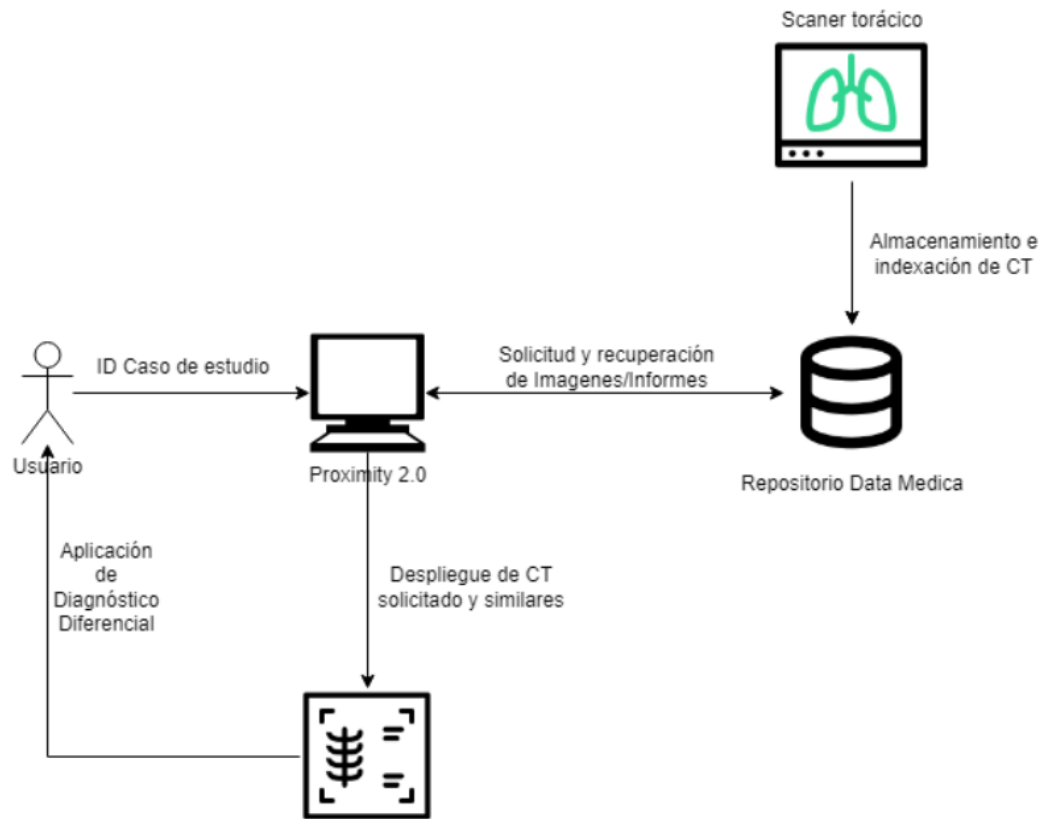


Figura 3.1: Diagrama de contexto

3.5.1. Diagrama de Arquitectura

En el diagrama (Figura 3.2) se plantea la arquitectura asociada a esta solución, cada uno de estos módulos será explicado brevemente en la siguiente sección y profundizado a medida que progrese el documento:

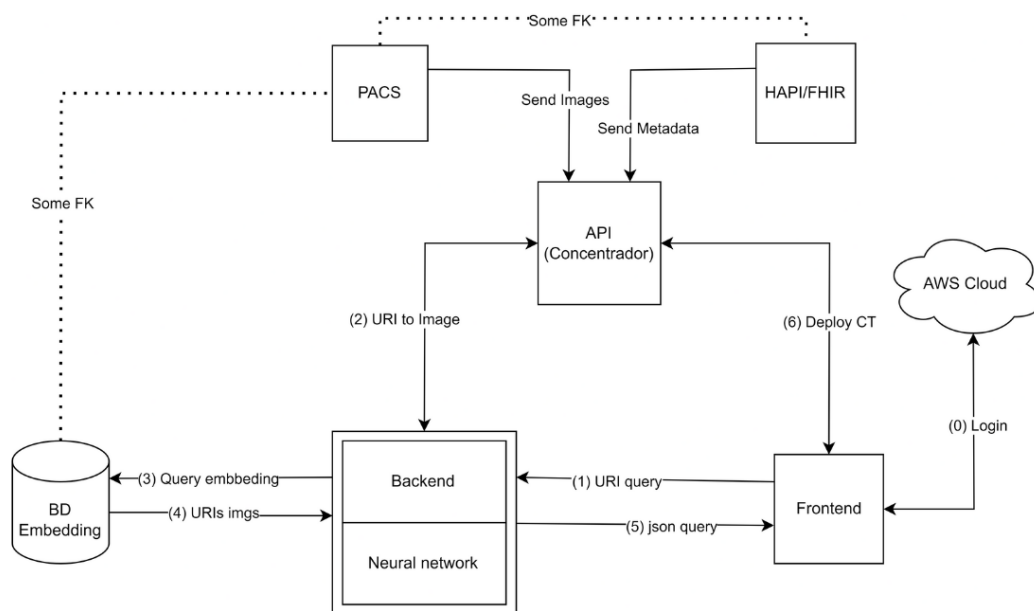


Figura 3.2: Arquitectura del núcleo de la aplicación

3.5.2. Descripción de componentes

Frontend

- **Propósito:** Permitir a los usuarios identificarse, buscar cortes transversales, mostrar su información de manera entendible, informar de diagnósticos similares y por último mediante el uso de herramientas de visualización comparar estos datos.
- **Alcance:** El módulo está pensado para ser una interfaz completa, incluyendo proceso de autenticación, búsqueda y edición de imágenes médicas.
- **Dependencias:** Depende de los siguientes módulos, **Back-end** Para la consulta de diagnósticos similares, **Concentrador** para la recuperación de imágenes de Cortes transversales, **AWS** Para la autenticación de las cuentas institucionales.
- **Supuestos:** Se cuenta con acceso a las cuentas institucionales y está montado en la misma red que el módulo **Concentrador**.

- **Restricciones:** Las imágenes médicas de los cortes transversales se encuentran en series de imágenes con formato .dcm, .png o .jpg los cuales son aptos para la visualización. la metadata recibida del corte transversal se encuentra en formato JSON, esto debido a que se trata de un formato ampliamente utilizado y apto para la aplicación.
- **Estructura General:** El módulo primeramente autentifica al usuario. Luego presenta a este distintos cortes transversales, ya sea mediante la búsqueda por ID, mediante el uso de filtros o a través imágenes pre visualizadoras en la interfaz principal. Luego de esta etapa de selección se muestra al usuario distintos cortes transversales similares, destacando información relevante presente en la metadata de estos. Por último, la aplicación permite al usuario manipular estos con tal de compararlos exactitud.

Backend/Neural Network

- **Propósito:** Retornar información de diagnósticos similares.
- **Alcance:** El módulo se propone como un intermedio para la consulta de diagnósticos diferenciales según proximidad .
- **Dependencias:** Depende de los módulos **Front-End** Para obtener el identificador del corte transversal a procesar y **Concentrador** para obtener las imágenes de estas, para luego enviar esta información al **BD-Embedding** .
- **Supuestos:** La base **BD-Embedding** se encuentra siempre activa, los módulos de concentrador y FrontEnd están activos al momento de realizar la consulta.
- **Restricciones:** La URI ³⁶ ingresada tiene que tener el formato característico de la serie a ingresar, además de poseer credenciales con tal de acceder a la base de datos.

- **Estructura General:** El módulo de Backend recibe una petición del FrontEnd, con tal de obtener los diagnósticos similares de una imagen. Este consulta al módulo **BD-Embedding** por la información. Luego este retorna los identificadores de las imágenes similares y por último el módulo consulta por las imágenes respectivas de los identificadores al Concentrador y estas imágenes son enviadas devuelta al FrontEnd.

AWS

- **Propósito:** Módulo externo, asociado netamente a la autenticación.
- **Alcance:** Pensado netamente en la autenticación web, se trata de una API externa que recibe las credenciales enviadas a la página.
- **Dependencias:** Este módulo depende únicamente del módulo FrontEnd.
- **Supuestos:** Se encuentra operativo, comúnmente, editable por personal de AL-PACS .
- **Restricciones:** Las credenciales son enviadas en un formato JSON, encriptado según el estándar Data Encryption Standard (DES) ³⁷.
- **Estructura General:** Las credenciales son ingresadas a la aplicación de la nube de Amazon, luego dependiendo del resultado de esta, se retorna un código 200 de respuesta y, dependiendo si la autenticación fue exitosa, se envía el resultado en conjunto a la respuesta a la página.

Concentrador

- **Propósito:** interconectar los repositorios de datos e imágenes con la plataforma.
- **Alcance:** El módulo abarca las consultas más comunes dentro de la aplicación, consulta de solo imágenes médicas y de imágenes con metadatos.

- **Dependencias:** depende únicamente de los módulos externos **HAPI/FHIR** y **PACS** .
- **Supuestos:** Los repositorios **HAPI/FHIR** y **PACS** . se encuentran operativos en todo momento.
- **Restricciones:** La información ingresada en la consulta tiene que tener la URI (identificador de imagen) para la extracción de los datos, además de la URL ³⁸ correspondiente para solicitar solo las imágenes o las imágenes con metadatos.
- **Estructura General:** El módulo tiene un servidor operativo dentro de la red local ³⁹ para realizar consulta de imágenes, a la vez posee los permisos necesarios para interconectarse con los repositorios **HAPI/FHIR** y **PACS** .

Módulos menores externos

BD-Embedding: Base de datos hecha a partir de las imágenes almacenadas en Orthanc, cuya función es poder realizar comparaciones y entregar los nombres de los CTs más cercanos a la consulta ingresada. En este caso, la base de datos opera con las características principales del CT para obtener CTs similares.

HAPI/FHIR: Servidor de código abierto que permite el almacenamiento de datos médicos con el estándar de comunicaciones y registro electrónico en salud HL7/FHIR. Este tipo de servidores no solo permite tener todos los datos clínicos almacenados en un formato estándar y público, que es conocido por todos los actores del área de salud, sino que también provee API de comunicación a través de consultas web que abre la opción de integraciones con otras aplicaciones utilizadas en el sector de la salud.

PACS : (Picture Archiving and Communication System) Sistemas estándares para el almacenamiento y comunicación de imágenes médicas a través del estándar DICOM ⁷, utilizado en la gran mayoría de servicios de radiología. Provee de una API de co-

municación a través de consultas web que facilita la opción de integraciones con otras aplicaciones y servicios de una forma simple y rápida.

3.5.3. Matriz de Requisitos Funcionales y Componentes

Esta tabla nos permite entender como es posible saciar los distintos Requisitos Funcionales a través de las respuestas de un módulo o una agrupación de los mismos. La matriz nos permite, también, dar un orden de prioridad de los módulos del sistema y entender cuál de estos genera un mayor valor agregado.

	Frontend	Backend/Neural Network	Concentrador	AWS
RF1	X			
RF2	X			X
RF3		X	X	
RF4	X	X		
RF5	X	X		
RF6	X			
RF7	X			
RF8	X			

Tabla 3.4: Requisitos funcionales y sus módulos

3.5.4. Inicio prototipo

Para el desarrollo de la aplicación se trabaja en conjunto con los usuarios, en este caso los médicos, para desarrollar una interfaz intuitiva y fácil de usar que satisfaga sus necesidades específicas. El objetivo es alcanzar un Producto Mínimo Viable que permita probar la solución con los usuarios y recibir retroalimentación para su mejora.

Para lograrlo, se sigue un enfoque colaborativo y se aplicará un proceso de diseño centrado en el usuario, con el fin de comprender sus necesidades y deseos, y crear una solución que realmente sea útil en el trabajo diario.

Como primer paso para el prototipo inicial, se emplea el método "Quick and dirty prototyping"(Figura 3.3) para crear un boceto de la posible solución. Este enfoque permite garantizar que todos los miembros del equipo estén en sintonía y comiencen a abordar el problema a partir de una base común, utilizando los requerimientos extraídos de las entrevistas y reuniones con los usuarios.

El boceto presenta un inicio de sesión, un buscador y un comparador, que constituyen las funciones principales para alcanzar el objetivo. De esta manera, se ilustra el flujo de interacción con el usuario. Esta representación visual proporciona una visión integral de la solución propuesta, facilitando la evaluación de su viabilidad y su coherencia con los objetivos del proyecto.

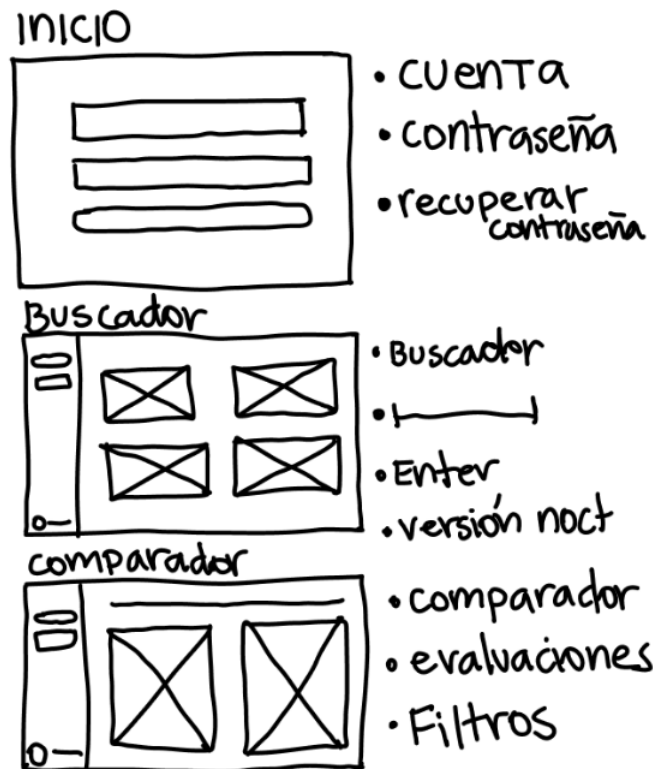


Figura 3.3: Prototipo "Quick and dirty prototyping".

Segunda Iteración

Tras la presentación de este primer diseño, se recibió retroalimentación por parte del equipo médico. Aunque se aprobaron las funcionalidades implementadas, recalcaron la importancia de llevar el boceto a un nivel menos abstracto, con tal de recabar información útil para un mejor despliegue.

Para el desarrollo de esta iteración se utilizó el software de diseño Figma, el cual permite a los usuarios cambiar características del bosquejo de manera sencilla, además de generar vistas coherentes dentro del entorno de programación web.

Al ingresar a la aplicación se tiene la vista de inicio de sesión (Login ⁴⁰). Dado que la aplicación maneja datos médicos se requiere la autenticación de los usuarios. Como

se observa en la figura (Figura 3.4) se permite a los usuarios identificarse mediante el uso de una cuenta Proximity además se ofrece la opción recuperación de contraseña", la cual se gestiona de manera externa a la aplicación.

Luego se presenta la vista de búsqueda de CTs donde se visualizan múltiples imágenes para que los usuarios seleccionen. (Figura 3.5). En esta vista se presenta un menú lateral, el cual contiene información tanto para la búsqueda de cortes transversales mediante el uso de ID o buscar un caso aleatorio, además de información sobre la sesión del usuario.

Como adición, en esta iteración se presenta la vista (Figura 3.6), donde una vez escogido el CT se muestran los distintos cortes transversales similares, con una breve descripción del corte transversal y el grado de proximidad con el CT original, estos CTs, se encuentran ordenados según orden de proximidad, pero con diagnóstico distinto, con tal de que el médico pueda escoger el CT a comparar.

Por último, una vez escogido el CT de estudio y el CT de comparación, se despliega la vista (Figura 3.7) donde se despliegan herramientas para comparar ambos, una descripción de los datos médicos asociados a este (metadata), como la edad, el género, el lugar de procedencia de estudio, entre otros. Por último, en esta vista se presentan en un Slider ⁴¹ con otros diagnósticos similares, con su grado de similitud presentado en la interfaz.

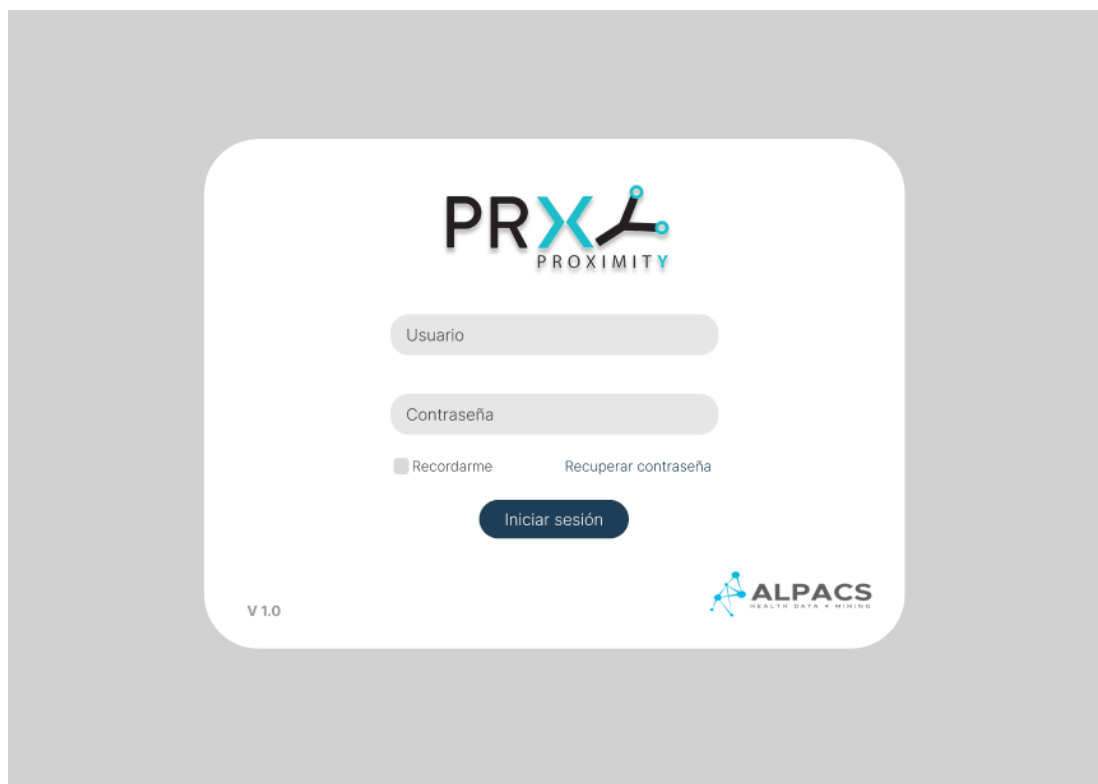


Figura 3.4: Vista inicio de sesión, segunda iteración.

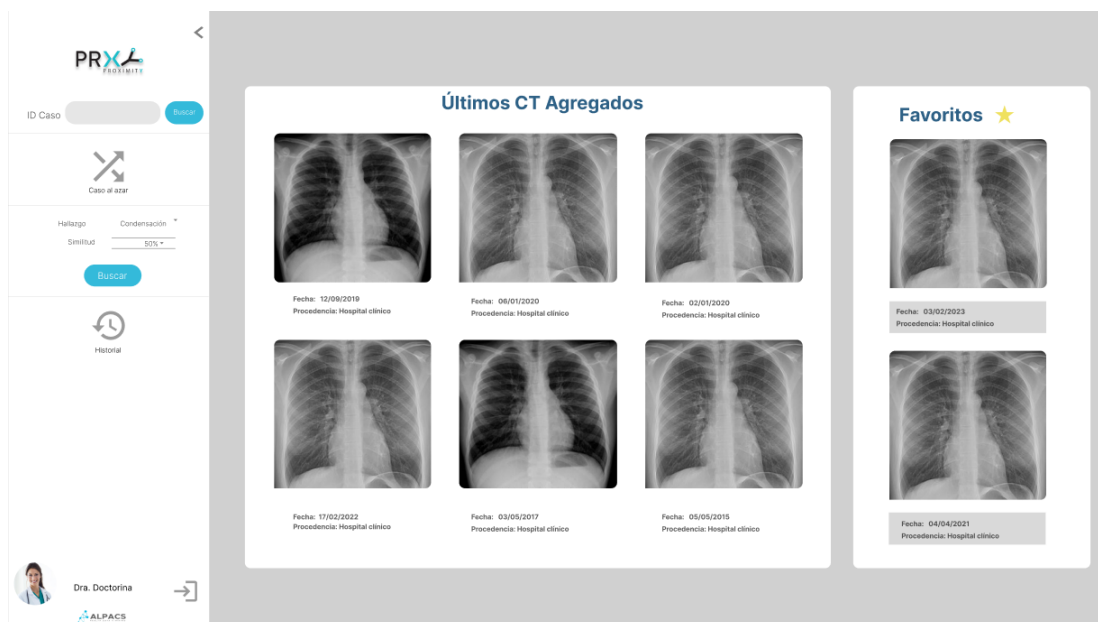


Figura 3.5: Vista Dashboard Prototipo preliminar, segunda iteración

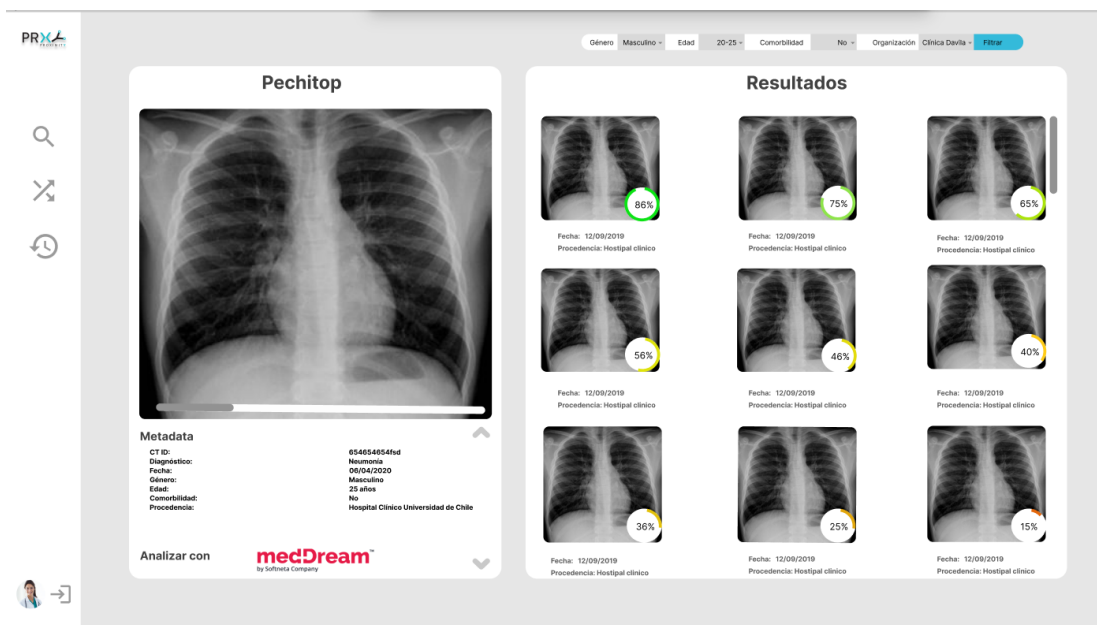


Figura 3.6: Vista CT y Resultados, segunda iteración.

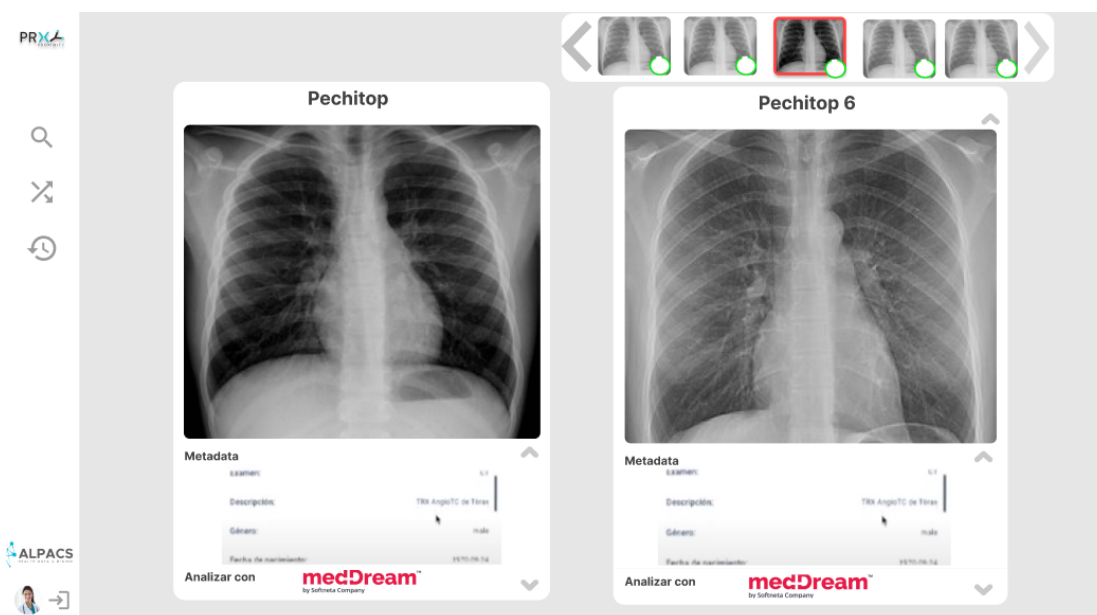


Figura 3.7: Vista Comparación CTs, segunda iteración.

Esta iteración desempeñó un papel fundamental al orientar el funcionamiento de la interfaz y establecer directrices cruciales para el resto del proyecto. No obstante, dado el carácter continuo de la colaboración con profesionales médicos, se abordarán más iteraciones en el transcurso del proyecto.

Paleta de colores

En el proceso de selección de la paleta de colores destinada al sector médico, nuestro enfoque se centra en la creación de una paleta que se adapte tanto al uso diurno como nocturno. Esta elección resulta fundamental, especialmente en el ámbito profesional de la aplicación médica. El objetivo principal es dirigir la atención del usuario hacia la comparación de imágenes para diagnóstico diferencial. Para lograrlo, se diseñó una paleta de colores que prioriza la neutralidad, evitando cualquier tipo de ruido visual que pueda interferir con el objetivo de mejorar el contraste y facilitar la comparación de imágenes de tomografías. En este proceso de selección, se ha tenido en cuenta la identidad de la marca de la organización, asegurando que los colores elegidos estén en línea con la imagen y valores de esta.

En el proceso de elección de colores, se siguen las pautas de la identidad de marca, enfocando particularmente en los tonos azules. Esta elección está respaldada por consideraciones clave para alcanzar los objetivos (Claridad del texto, atractivo para usuarios médicos, fácil aprendizaje, entre otros).

En conjunto a profesores del departamento de informática se logró definir la paleta. (Figura 3.8), además se diseñó una versión nocturna de esta misma, con tal de sobrecargar lo menos posible la vista de los usuarios médicos. (Figura 3.9).



Figura 3.8: Paleta de colores, versión diurna



Figura 3.9: Paleta de colores, versión nocturna

Múltiples científicos afirman que "nos gustan los colores que nos hacen sentir bien". En 2010, Stephen E. Palmer y Karen B. Schloss hacen un estudio de caso concluyente para la teoría de la valencia ecológica en el artículo [22], donde sugieren que nos gustan los colores que asociamos con nuestros ambientes, objetos y experiencias favoritas.

La implementación de esta paleta de colores se verá más detalladamente en la sección 4.1 donde los cambios planteados en esta sección son adoptadas siguiendo la retroalimentación de los médicos y su familiaridad con estos colores.

Navegación del usuario

Durante el proceso de análisis no se ha profundizado en el proceso de navegación del usuario. Para un trabajo unificado es necesario definir claramente la navegación esperada. Dada esta necesidad, se plantea un modelo de navegación (Figura 3.10), el modelo de navegación con las distintas secciones de la interfaz.

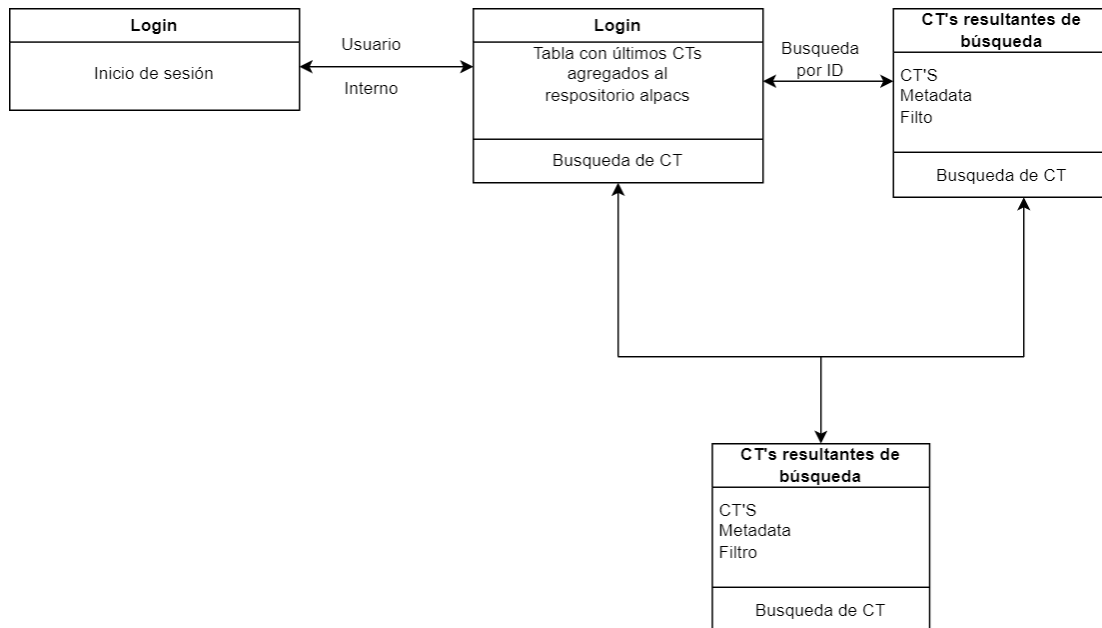


Figura 3.10: Modelo de navegación.

3.6. Validación 2º da iteración

La validación se realiza con el Prototipo Proximity V2.1 con los usuarios médicos radiólogos con el objetivo de validar funcionalidades y flujos de acceso. Se realizan tres pruebas con distintos médicos radiólogos, de manera individualizada y guiada, consi-

derando:

- **Versión:** Prototipo Proximity V2.1
- **Contexto de uso:** Revisión en box de CT utilizando herramienta Proximity.
- **Objetivo de la solución:** Entrega de casos similares de comparación para diagnóstico diferencial en imágenes torácicas.
- **Lugar:** Virtual vía Zoom
- **Objetivo:** Testing flujo de tareas indicadas.
- **Tarea principal:**
 - Comparación de CTsTareas secundarias:
 - Búsqueda de CT por ID
 - Búsqueda de CT por Etiquetas
 - Selección CT a Comparar
 - Uso de filtros
- **Método de recopilación de datos:** Grabación, notas a tiempo real, cuestionamientos posteriores.

Así se obtiene como resultado:

- **Médico 1:** Destaca la preferencia por un panel principal en forma de lista con detalles específicos, sugiere omitir imágenes en esta sección y expresa la necesidad de un contexto claro para las búsquedas. Además, valora la visualización de imágenes, la idea de porcentajes de similitud y propone mejoras en la búsqueda por hallazgo.

- **Médico 2:** Enfatiza la falta de etiquetas informativas y recomienda una organización categorizada de imágenes.
- **Médico 3:** Considera suficiente la cantidad de resultados visibles y abogó por la organización de resultados en clasificaciones, también sugirió una etiqueta adicional. Estas observaciones informarán mejoras importantes para la aplicación médica.

Capítulo 4

Desarrollo de la aplicación

4.1. Partes, componentes, planos y disposición

Luego de validar la interfaz gráfica de la versión Proximity 2.1 con los usuarios médicos, se rediseñaron distintos aspectos de esta, con tal de solventar múltiples carencias observadas por los usuarios médicos en la revisión de prototipo, entre los principales cambios que se pueden notar en la iteración Proximity 2.2 se encuentra la inclusión de un modo nocturno y otros cambios mencionados durante el desarrollo en el presente capítulo

A partir del contexto de uso, las interfaces propuestas a continuación pueden variar levemente en el modelo entregable; sin embargo, sus funcionalidades y planteamiento se mantienen constantes durante el desarrollo de este.

4.1.1. Vista Inicio de Sesión

El componente de inicio de sesión visible en la (Figura 4.1) contempla que el médico ingrese su cuenta de usuario (cuenta o email) junto a su contraseña. Para agilizar el flujo dentro de la aplicación y omitir este paso se añade la casilla “Recuérdame” para guardar la sesión en el dispositivo. Además, en caso de que el usuario se olvide de la

contraseña, se agrega la opción “Recuperar contraseña”, notificando por correo los pasos de la recuperación. Finalmente, se encuentra el botón de inicio sesión, permitiendo el ingreso a la página.

Referente a la retroalimentación obtenida en el apartado 3.6 la vista “Inicio de Sesión” se añadieron la inclusión del modo nocturno y el ajuste a la paleta de colores de los elementos visuales.



Figura 4.1: Vista inicio de sesión.

4.1.2. Vista Panel Casos Agregados

Como Dashboard ⁴² principal (Figura 4.2), se utiliza una tabla que contiene los últimos casos agregados al repositorio PACS, esto a partir del comentario de los médicos, los cuales expresan querer un rápido acceso y visualización de población de la base de datos. En la vista mencionada se presentan dos componentes, la barra superior y la tabla de casos agregados.

Se presentan los últimos exámenes ingresados, organizados por fecha, donde se considera el ID del caso, diagnóstico, procedencia de la imagen, sexo, comorbilidad y hallazgo. En la sección de diagnóstico se destacan las imágenes sin diagnóstico registrado, permitiendo identificar rápidamente el trabajo faltante.

ID	Diagnóstico	Procedencia	Sexo	Comorbilidad	Hallazgo
Martes 19 julio					
1274.22492.63	Sin diagnóstico registrado	Hospital Clínico	Masculino	No	
1274.28792.77	Edema Pulmonar	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
1274.78772.22	Carcinoma	Hospital Clínico	Femenino	No	Condensación
1274.57594.28	Esclerosis Tuberosa	Hospital Clínico	Masculino	No	Condensación
1274.28592.50	Sin diagnóstico registrado	Hospital Clínico	Femenino	Si	Condensación
1274.35672.04	Sano	Hospital Clínico	Masculino	No	Condensación
1274.28392.63	Sin diagnóstico registrado	Hospital Clínico	Femenino	No	Condensación
1274.05302.56	Sin diagnóstico registrado	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
1274.62562.65	Sano	Hospital Clínico	Femenino	No	Condensación
Lunes 18 julio					
1274.22492.63	Neumonía	Hospital Clínico	Femenino	No	Condensación
1274.28792.77	Edema Pulmonar	Hospital Clínico	Masculino	No	Condensación
1274.78772.22	Carcinoma	Hospital Clínico	Masculino	No	Condensación
1274.57594.28	Edema Pulmonar	Hospital Clínico	Masculino	No	Condensación
1274.28592.50	Esclerosis Tuberosa	Hospital Clínico	Masculino	No	Condensación

Figura 4.2: Vista panel de casos agregados.

Además, se agregó una barra de navegación en la parte superior de la vista. Este elemento es constante en el resto de las vistas, y forma parte de la persistencia de sesión. Esta barra tiene como propósito, agilizar el desplazamiento del usuario entre las distintas vistas.

En la barra superior se presenta el logo de la plataforma, el cual permite volver a esta vista principal (Dashboard). Luego una sección de búsqueda de identificación del paciente (fecha de toma de examen, edad, sexo y comorbilidad). Además de filtros de búsqueda por etiquetas que se encuentren presentes en el examen, por ejemplo por el nombre del paciente. Finalmente, se muestra la cuenta del usuario junto con su foto de perfil, la que al ser clicada despliega un menú con las opciones correspondientes al

cierre de sesión, cambio en modo de visualización (Nocturno o Diurno) y otros ajustes.

4.1.3. Vista Uso Académico

Esta vista está enfocada en el usuario practicante, específicamente enfocada en el uso académico (Figura 4.3). El componente expuesto despliega los CTs resultantes tras la búsqueda por filtros y etiquetas, donde el usuario puede seleccionar el caso de estudio que utilizará para mejorar su análisis y capacidad de diagnóstico diferencial.

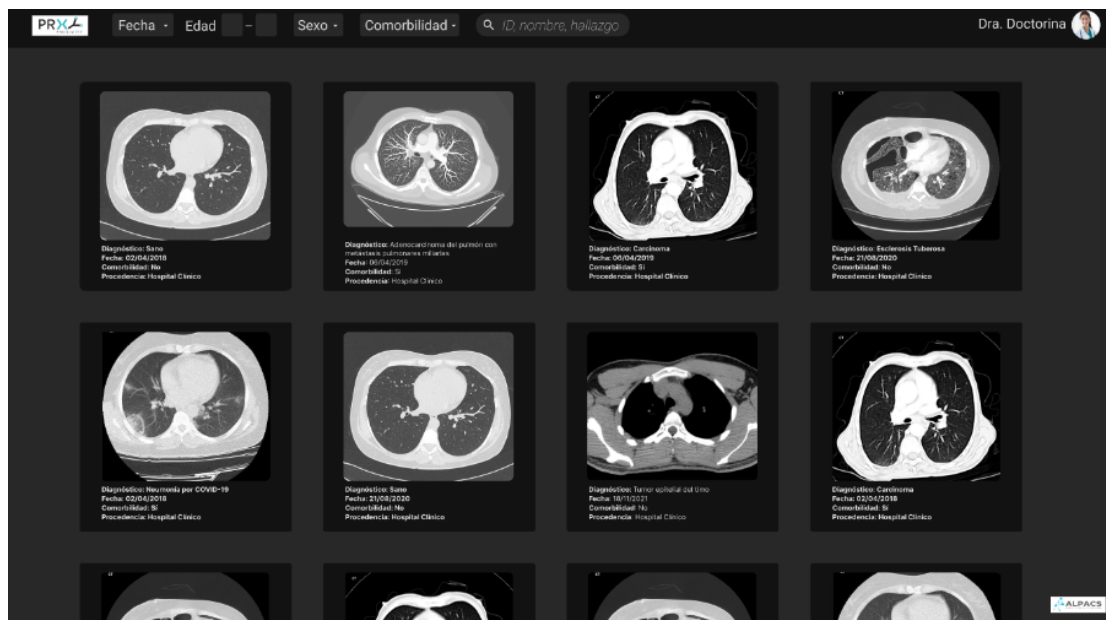


Figura 4.3: Vista de uso académico.

4.1.4. Vista Resultados

Luego de la selección del examen a diagnosticar o de estudio, se presentan los resultados para comparación 4.4 en la mitad izquierda de la pantalla se expone el caso seleccionado y en el lado derecho se exhiben los resultados con distinto porcentaje de similitud y distintos diagnósticos, los cuales pueden ser filtrados por el médico o selec-

cionar el CT a comprar con el caso de estudio.

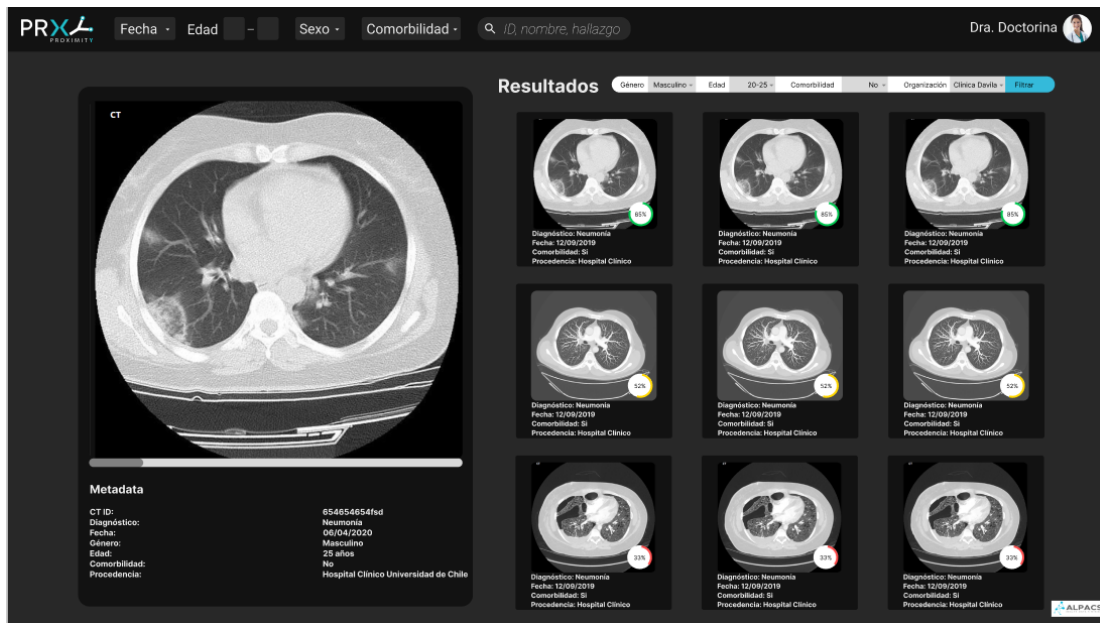


Figura 4.4: Vista de resultados.

4.1.5. Vista Comparación de CTs

Para lograr el objetivo principal, comparar los cortes transversales de las imágenes de tomografías, se realiza la vista de comparación. Luego de realizar la selección de caso a comparar, se despliega la vista de comparación (Figura 4.5) con la imagen del examen a la izquierda y el caso para comparar a la derecha, junto con los otros resultados con acceso rápido para comparar.

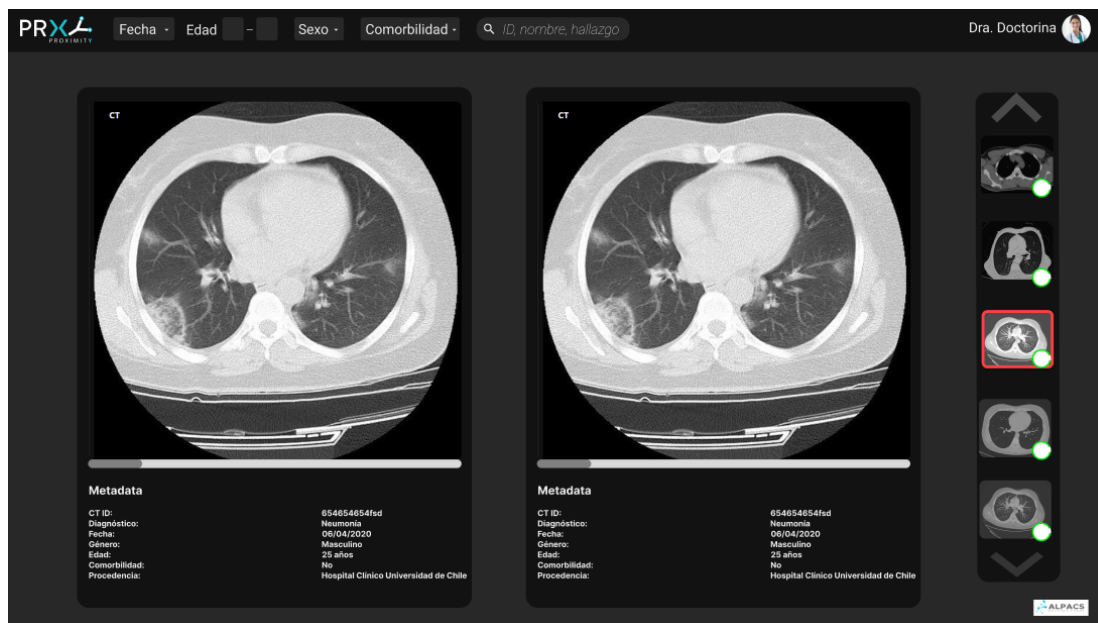


Figura 4.5: Vista de comparación de CTs.

La vista antes presentada (Figura 4.5) es evaluada y se logra identificar que para cumplir el objetivo se debe utilizar un porcentaje mayor de pantalla para la visualización de los CTs, esto ya que se requiere detectar en las imágenes posibles anomalías. Se desarrolla una nueva versión de comparación (Figura 4.6), optimizando la visualización y la necesidad de permitir a los usuarios médicos interactuar con los cortes transversales mediante herramientas.

Dada la importancia de este visualizador y la disposición de las herramientas, se le dedica una sección aparte en el capítulo 4.

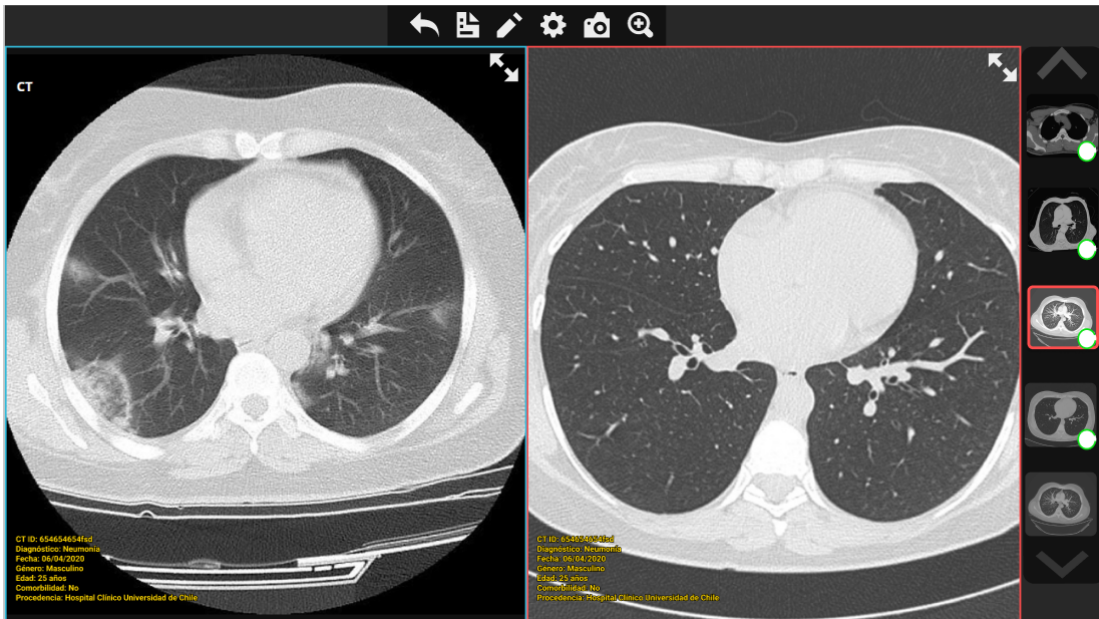


Figura 4.6: Vista de comparación de CTs preliminar Proximity V2.2.

4.2. Prototipo funcional

Después de presentar las funcionalidades de las vistas se procede a la creación del prototipo como tal, Las vistas finales se encuentran detalladas en el Capítulo 5 ; sin embargo, es necesario profundizar en la vista 4.1.4 dado que ciertos elementos de su planteamiento fueron modificados durante el desarrollo del prototipo y necesitan ser explicados en profundidad.

4.2.1. Desarrollo Herramientas Médicas

Los cambios principales se plantean sobre la vista 4.1.4. Mediante el uso de la librería Cornerstone.js se implementan distintos tipos de herramientas. Cada una de estas herramientas tiene como fin brindar a los médicos de la capacidad para realizar un análisis exhaustivo a la hora de realizar la comparación de CTs. Algunas de estas herramientas se encuentran disponibles por defecto dentro del visualizador y otras tienen que ser activadas mediante el selector de herramientas (Figura 4.8).

A continuación se explica con mayor profundidad la funcionalidad asociada a cada herramienta, su implementación dentro de la página y su forma de activación.

Funcionalidad: Herramienta de navegación

- **Propósito:** Permitir a los usuarios navegar a través de las distintas imágenes que conforman el corte transversal.
- **Implementación:** El usuario puede navegar utilizando la rueda del ratón en sentido positivo si desea recorrer la serie de manera creciente, o en sentido negativo si lo desea hacer de manera decreciente
- **Activación:** Activada por defecto

Funcionalidad: Desplazamiento de imagen

- **Propósito:** Permitir a los usuarios mover libremente una imagen dentro del panel visualizador
- **Implementación:** Al mantener Clic primario sobre una imagen, el usuario podrá arrastrarla dentro del visualizador con el movimiento del ratón.
- **Activación:** Activada por defecto

Funcionalidad: Cambiar Acercamiento de la imagen

- **Propósito:** Permitir a los usuarios acercar y alejar la imagen dentro del panel de visualización.
- **Implementación:** Al mantener Clic secundario sobre una imagen, el usuario podrá acercar o alejar al desplazar el ratón hacia adelante o hacia atrás respectivamente.
- **Activación:** Activada por defecto, activable mediante el menú de herramientas (Figura 4.7), desactivada si otra herramienta es escogida en el menú

Funcionalidad: Cambiar opacidad de la imagen

- **Propósito:** Permitir a los usuarios manipular el nivel de opacidad de la imagen presente en el visualizador.
- **Implementación:** Al mantener Clic secundario y arrastrar el cursor de izquierda a derecha se aumenta la opacidad de la imagen, en caso de mover el cursor de derecha a izquierda se disminuye la opacidad de la imagen.
- **Activación:** desactivada por defecto, activable mediante el menú de herramientas (Figura 4.7), desactivada si otra herramienta es escogida en el menú.

Funcionalidad: Anotación de ángulos

- **Propósito:** Permitir a los usuarios dibujar ángulos sobre la imagen del visualizador.
- **Implementación:** Al presionar clic primario, el usuario puede arrastrar una línea. Al repetir este proceso, y generar dos líneas se muestra el ángulo entre ambas.
- **Activación:** desactivada por defecto, activable mediante el menú de herramientas (Figura 4.7), desactivada si otra herramienta es escogida en el menú.

Funcionalidad: Borrar ángulos

- **Propósito:** Permitir a los usuarios borrar ángulos previamente dibujados sobre la imagen del visualizador.
- **Implementación:** Al presionar clic primario, sobre un ángulo dibujado, este es eliminado del visualizador.
- **Activación:** desactivada por defecto, activable mediante el menú de herramientas, desactivada si otra herramienta es escogida en el menú.

Funcionalidad: Seleccionar filtros

- Propósito: Permitir a los usuarios someter la imagen a distintos filtros.
- Implementación: Al presionar el elemento despegable (Figura 4.7) se muestran distintos filtros a seleccionar donde el usuario podrá elegir una.
- Activación: Desactivada por defecto, activada al seleccionar una máscara del elemento.

Funcionalidad: Desactivar / Activar filtros

- Propósito: Permitir a los usuarios Activar/Desactivar la opción de visualizar la imagen con filtros superpuestos.
- Implementación: Al presionar el botón (Figura 4.7) se intercala entre la opción de mostrar o no mostrar la máscara
- Activación: Activada por defecto

Funcionalidad: Cambiar opacidad filtro

- Propósito: Permitir a los usuarios alterar la opacidad del filtro, con tal de hacerla más o menos visible en comparación a la imagen.
- Implementación: Al hacer clic primario en el componente (Figura 4.7) se permite modificar el valor de opacidad de la máscara mediante saltos de 10 %.
- Activación: Activada por defecto

Funcionalidad: Rotar imagen

- Propósito: Permite a los usuarios rotar la imagen seleccionada 90° en sentido horario.

- Implementación: Al presionar con clic primario el elemento (Figura 4.7) se efectúa la acción de rotar.
- Activación: Activada por defecto

Funcionalidad: Revisar Datos

- Propósito: Permite a los usuarios revisar información referente al diagnóstico asociado al corte transversal.
- Implementación: Al presionar con clic primario el elemento presente en (Figura 4.7) se despliega un menú con la información relevante.
- Activación: El menú se despliega al presionar el botón, se vuelve a la vista inicial al volver a presionar el botón.

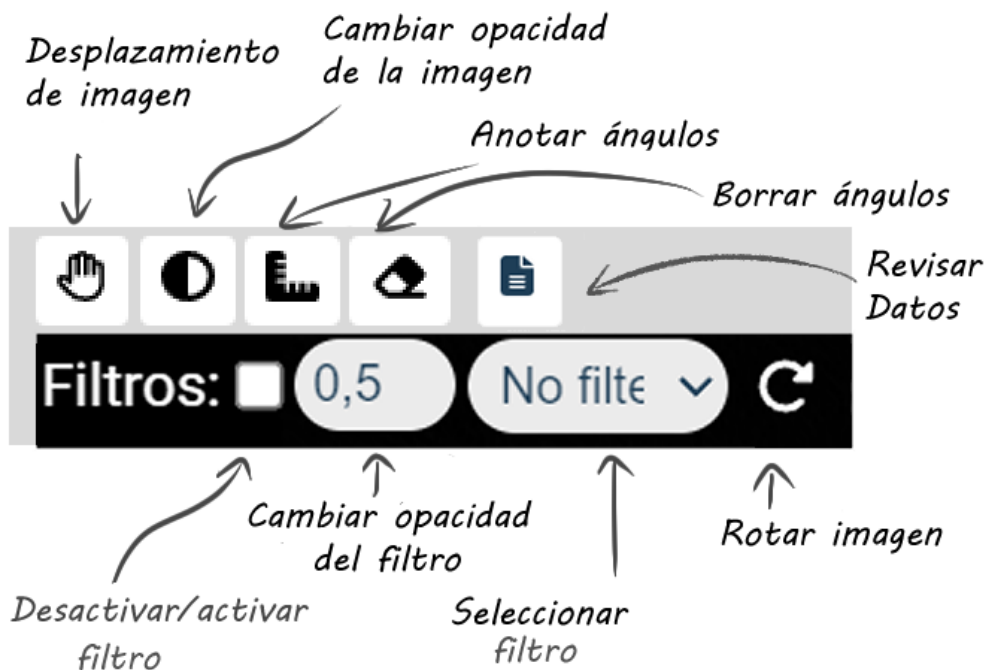


Figura 4.7: Posición de las herramientas.

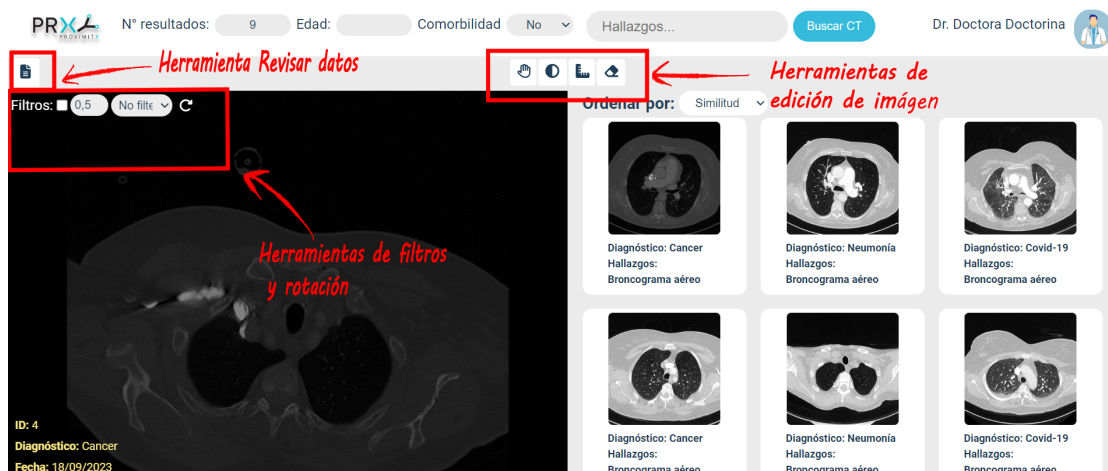


Figura 4.8: Posición de la barra de herramientas dentro de la vista.

4.2.2. Retroalimentación y cambios menores

Al término de esta iteración se obtuvo retroalimentación por parte del equipo médico, con tal de refinar la aplicación antes de la iteración final. Refiriéndose al feedback como tal, la mayoría de las vistas sufrieron leves cambios estéticos, los cuales se ven reflejados en las vistas finales, presentes en capítulo 5. También, se decidió eliminar el porcentaje de similitud presente en las vistas 4.1.5 y 4.1.4 dado que, por parte del equipo médico, este valor resulta ser ambiguo a la hora de realizar un diagnóstico como tal, aunque, este valor sigue siendo empleado a la hora de recuperar cortes transversales similares por parte de la aplicación.

Capítulo 5

Resultados

En este capítulo, se reunirán los resultados obtenidos durante el proceso del prototipo, y durante el desarrollo de la memoria.

Primeramente, se expondrán los resultados gráficos, para luego pasar a funcionalidades, casos de uso y respuestas esperadas del sistema.

5.1. Vistas

Luego de las múltiples iteraciones y mediante la retroalimentación obtenidas por parte del cliente, se obtuvieron las siguientes vistas.

5.1.1. Vista inicio de sesión

En la figura (Figura 5.1), se muestra la vista de login confeccionada.

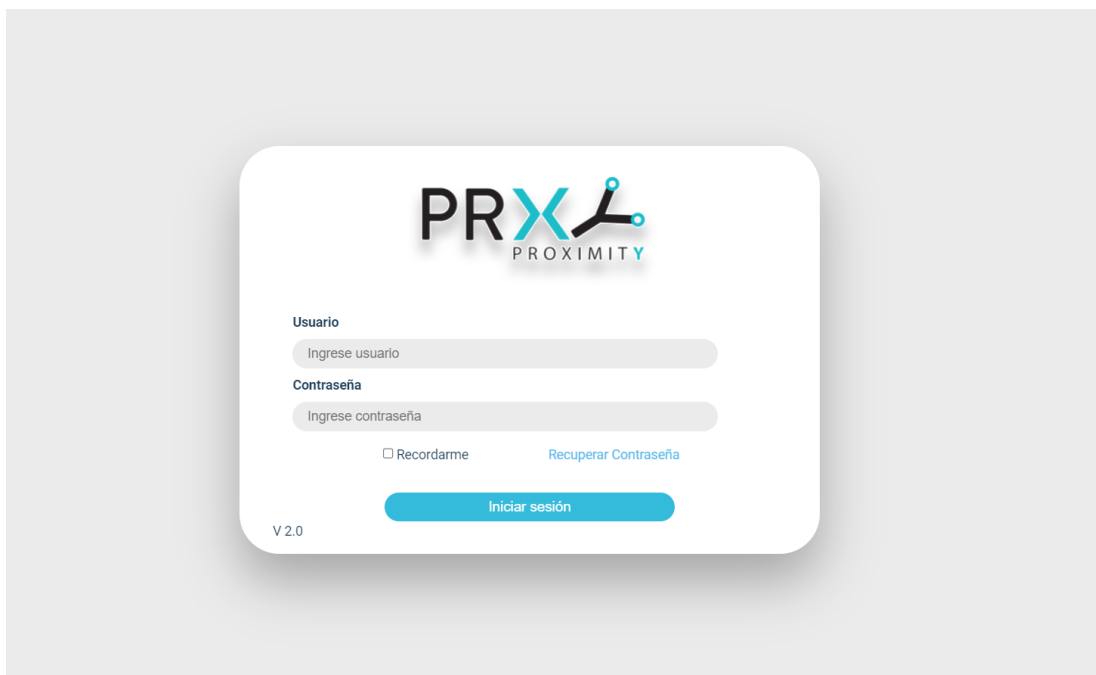


Figura 5.1: Vista de inicio de sesión

5.1.2. Vista Panel Casos Agregados

En la figura (Figura 5.2), se muestra la vista Panel Casos Agregados.

 N° resultados: 9 Edad: Comorbilidad: No Hallazgos... Buscar CT Dr. Doctora Doctorina 					
Últimos CTs Agregados					
FECHA	DIAGNÓSTICO	PROCEDENCIA	GÉNERO	COMORBILIDAD	HALLAZGO
23/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Femenino	Si	Silueta
18/08/2023	Neumonía	Hospital Clínico	Masculino	No	Condensación
20/08/2023	Tuberculosis	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Covid-19	Hospital Clínico	Femenino	Si	Silueta
21/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Covid-19	Hospital Clínico	Femenino	No	Broncograma aéreo
20/08/2023	Tuberculosis	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Femenino	Si	Silueta
21/08/2023	Covid-19	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Femenino	No	Broncograma aéreo
20/08/2023	Tuberculosis	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Femenino	Si	Silueta
21/08/2023	Neumonía	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Femenino	No	Broncograma aéreo
20/08/2023	Tuberculosis	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación

Figura 5.2: Vista panel de casos agregados

5.1.3. Vista de Uso académico

En la figura (Figura 5.3), se muestra la vista de uso Académico.

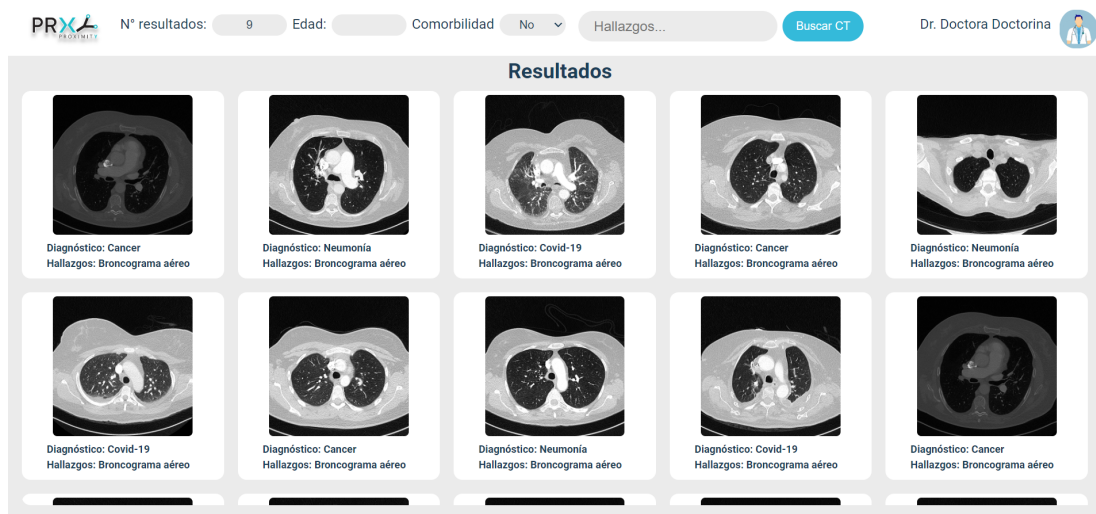


Figura 5.3: Vista de uso académico

5.1.4. Vista Resultados

En la figura (Figura 5.4), se muestra la vista de resultados.

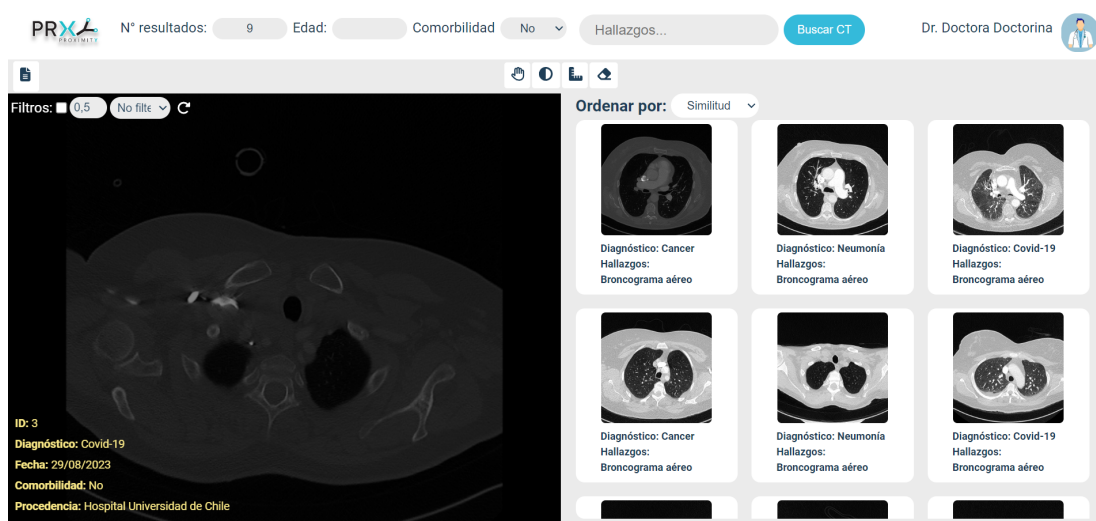


Figura 5.4: Vista de resultados

5.1.5. Vista Comparación de CTs

En la figura (Figura 5.5), se muestra la vista comparación de CTs .

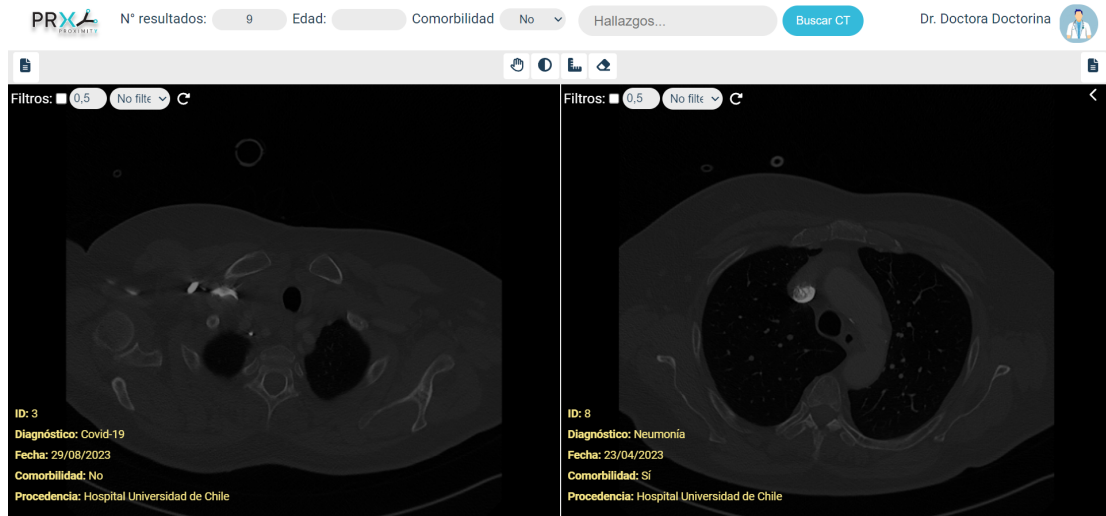


Figura 5.5: Vista de comparación de CTs

5.2. Revisión de Prototipo

Con tal de validar la labor efectuada y verificar el correcto funcionamiento de la aplicación, es necesario realizar una revisión de esta, teniendo en cuenta las expectativas referentes a este proyecto.

Las acciones de los usuarios tienen que desencadenar respuestas por parte de la aplicación. Se puede verificar el correcto funcionamiento del sistema si las respuestas esperadas coinciden con las esperadas .

En la tabla 5.1 identifican las principales acciones a efectuar por parte de los usuarios, sus desencadenantes y respuestas esperadas por la plataforma.

Evento	Descripción	Iniciador	Parámetros	Respuesta
Ingresar a la plataforma	La pagina web se carga dentro del navegador	Un usuario consulta a la URL de la pagina web	Ninguno	Se carga y muestra la vista de login
Iniciar Sesión	una verificación de sesión es solicitada	Un usuario ingresa sus credenciales en la vista Login	Nombre de usuario y contraseña	Se realiza la verificación en conjunto al servidor AWS y se retorna la vista correspondiente.
Buscar CT	Se solicita la vista de un CT en específico	Un usuario al buscar un CT por Id o mediante la vista de uso academico	Id del CT.	Se renderiza la vista resultados con el CT correspondiente
Comparación de CTs	Se solicita la vista de un CT a comparar con otro	Un usuario al seleccionar un CT dentro de la vista resultados	Id's de ambos CTs a comparar	Se renderiza la vista comparación de CTs en base a las IDs ingresadas por los usuarios
Manipular CT	Se manipula una imagen dentro de la vista comparación de CTs	El usuario, al utilizar una herramienta.	Herramienta , Input del usuario	El visualizador dentro de la vista de Comparación de CTs se renderiza con los cambios correspondientes

Tabla 5.1: Tabla de eventos externos

Una vez explicado el actuar de la plataforma ante eventos externos, se puede verificar su funcionamiento referente a las respuestas esperadas. Sin embargo, es necesario detallar que sucede con la aplicación al recibir estas interacciones, de manera detallada, los pasos que se siguen dentro del sistema y las distintas interacciones del usuario con la plataforma. Todo esto será detallado en la siguiente sección.

5.2.1. Casos de Uso

Para ejemplificar la labor conjunta dentro de la aplicación y se utiliza el método de casos de uso, el cual consiste en describir tareas a realizar por parte de los usuarios y su interacción con la plataforma.

Con tal de ilustrar de Mejor manera estos casos se recurrirá a la siguiente estructura.

1. Nombre del caso de uso
2. Actor principal y descripción de Caso de Uso.
3. Diagrama de interacción.
4. Ejemplo de la interacción mediante imágenes dentro de la aplicación.
5. Tabla del caso de uso, con secuencia de pasos, excepciones a la norma, rendimiento esperado, frecuencia de uso, importancia de la interacción y urgencia de implementación.

El desarrollo de la aplicación se basó con tal de satisfacer de prioritaria los siguientes casos de uso.

1. Búsqueda y comparación de corte transversal por ID.
2. Búsqueda y comparación de corte transversal usando la vista académica.

Búsqueda y comparación de CT por ID

- **Actor Principal:** Médico Radiólogo
- **Descripción:** El usuario solicita a la plataforma la comparación de un corte transversal con otro mediante la búsqueda de ID.
- **Diagramas de interacción:** Presentes en las figuras (Figura 5.6), (Figura 5.7) y (Figura 5.8).
- **Imágenes de la interacción:** Presentes en las figuras (Figura 5.9), (Figura 5.10) , (Figura 5.11) y (Figura 5.12)
- **Tabla del caso de uso:** Presente en la tabla 5.2.

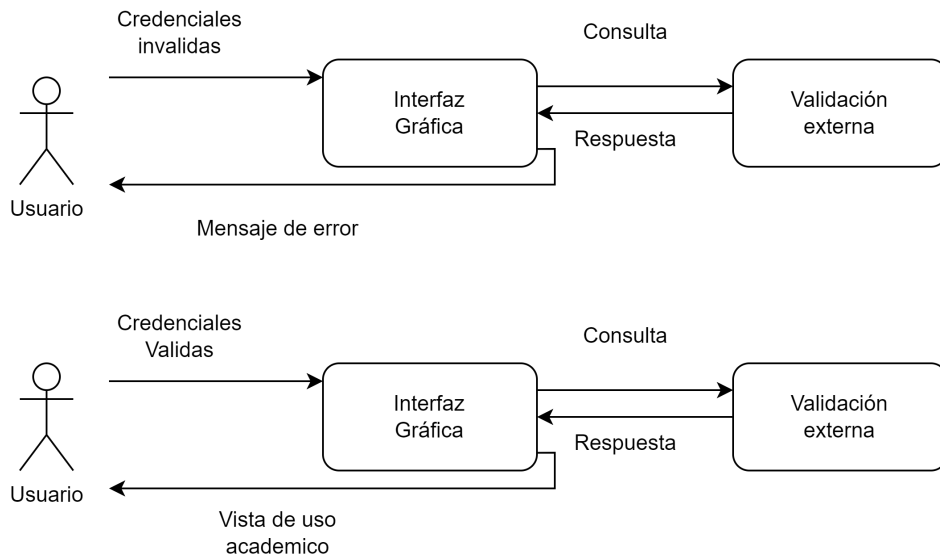


Figura 5.6: Diagrama inicio de sesión.

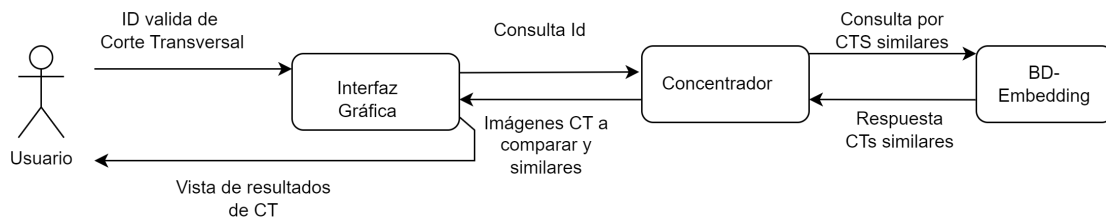


Figura 5.7: Diagrama búsqueda de CTs.

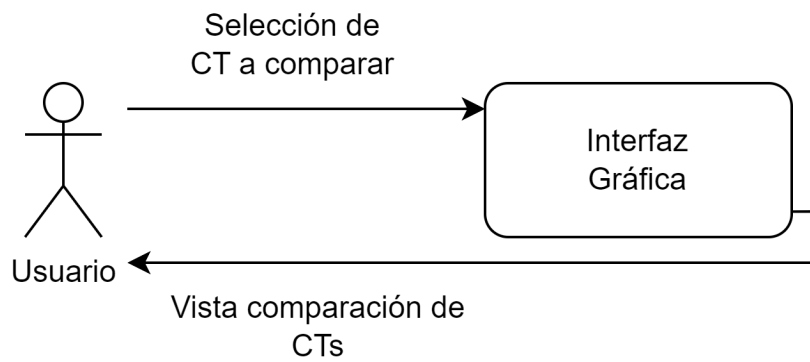


Figura 5.8: Diagrama comparación de CTs.

PRX PROXIMITY

Usuario

Contraseña

☐ Recordarme [Recuperar Contraseña](#)

Iniciar sesión

V 2.0

Figura 5.9: Vista de inicio de sesión, donde se cumplen los pasos 1,2 y 3

PRX PROXIMITY N° resultados: 9 Edad: Comorbilidad No 13.1.3.2 **Buscar CT** Dr. Doctora Doctorina

Últimos CTs Agregados

FECHA	DIAGNÓSTICO	PROCEDENCIA	GÉNERO	COMORBILIDAD	HALLAZGO
23/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Femenino	Si	Silueta
18/08/2023	Neumonía	Hospital Clínico	Masculino	No	Condensación
20/08/2023	Tuberculosis	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Covid-19	Hospital Clínico	Femenino	Si	Silueta
21/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Covid-19	Hospital Clínico	Femenino	No	Broncograma aéreo
20/08/2023	Tuberculosis	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Femenino	Si	Silueta
21/08/2023	Covid-19	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Femenino	No	Broncograma aéreo
20/08/2023	Tuberculosis	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Femenino	Si	Silueta
21/08/2023	Neumonía	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación
19/08/2023	Cáncer	Hospital Clínico	Femenino	No	Broncograma aéreo
20/08/2023	Tuberculosis	Hospital Clínico	Masculino	Si	Condensación

Figura 5.10: Vista de casos agregados, donde se cumplen los pasos 4 y 5

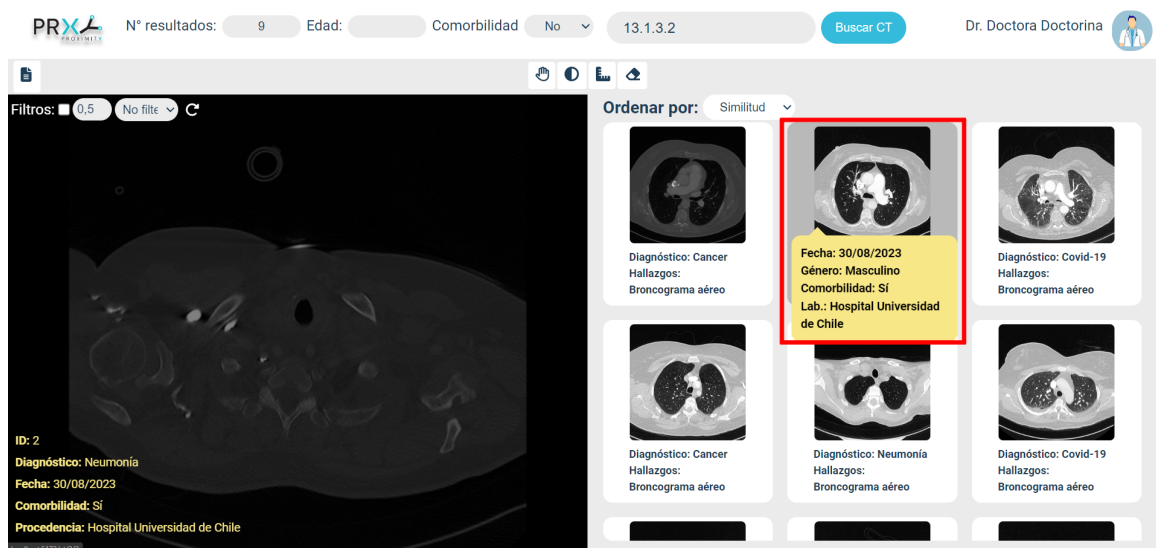


Figura 5.11: Vista de resultados donde se cumple el paso 6 y 7

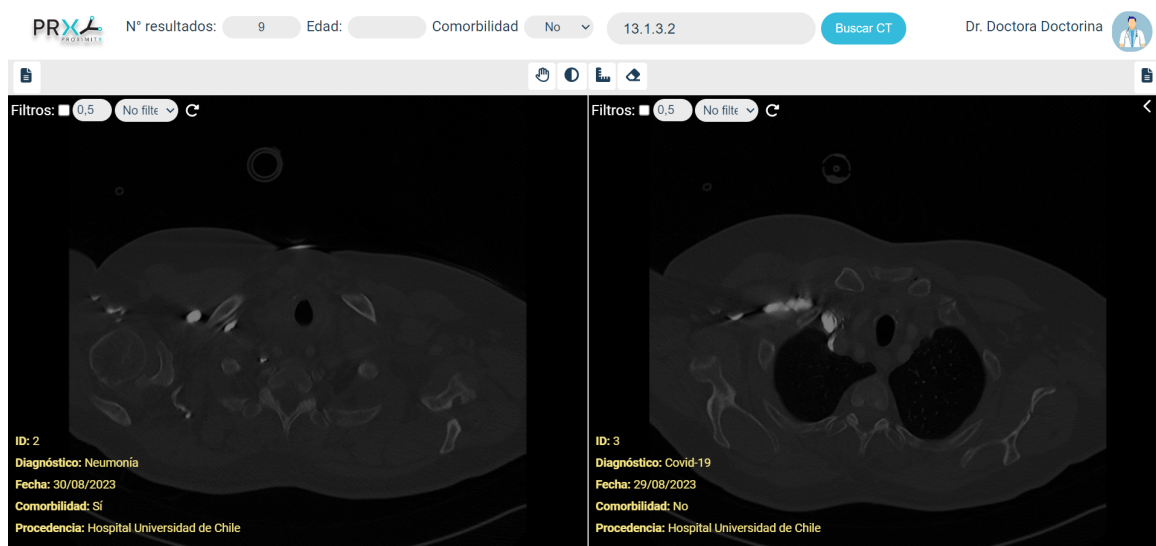


Figura 5.12: Vista comparación de CTs realizando el paso 8

Caso de uso	Búsqueda y comparación de CT por ID
Descripción	La plataforma permitira al usuario comparar dos cortes transversales, siendo estos el CT a estudiar buscado por su ID y el corte a comprar mediante el nivel de proximidad seleccionado por el usuario.
Orden	Secuencia de la interacción
1	El usuario solicita la pagina web.
2	La vista de login es desplegada en la interfaz del usuario.
3	El usuario ingresa sus credenciales dentro de la vista
4	La vista retorna la interfaz principal de la pagina
5	El usuario ingresa la ID del corte transversal en el buscador.
6	La interfaz retorna la vista correspondiente al corte transversal.
7	El usuario selecciona un corte transversal a comparar.
8	La interfaz retorna la vista de comparación de CTs
Excepciones	Acciones
1	Se encuentra una sesión ya ejecutada por parte del usuario.
	Se salta al paso 4
2	Las credenciales entregadas por el usuario no son validas.
	La interfaz retorna la vista de Login con un mensaje de error correspondiente.
5	La ID ingresada en el buscador no corresponde a ningun CT dentro de los repositorios
	Se retorna la vista panel de casos agregados, sin ningun corte transversal y un con el mensaje, No se encontraron CTs con la id proporcionada.
Rendimiento	El sistema debe ser capaz de realizar los pasos del 1 al 4 en menos de dos 1 minutos y debe ser capaz de realizar los pasos del 5-8 en menos de 2 minutos.
Frecuencia	Se espera una alta cantidad de usuarios realizando esta operación, Muchos de ellos en simultaneo dentro de la plataforma.
Importancia	Vital
Urgencia	Prioritaria

Tabla 5.2: Caso de Uso, Búsqueda y comparación de corte transversal por ID.

Búsqueda y comparación de CT vista académica

- **Actor Principal:** Médico Interno
- **Descripción:** El usuario solicita a la plataforma la comparación de un corte transversal con otro mediante la vista de uso académico.
- **Diagramas de interacción:** Presentes en las figuras (Figura 5.13), (Figura 5.14) y (Figura 5.15).
- **Imágenes de la interacción:** Presentes en las figuras (Figura 5.16), (Figura 5.17), (Figura 5.18) y (Figura 5.19)
- **Tabla del caso de uso:** Presente en la tabla 5.3.

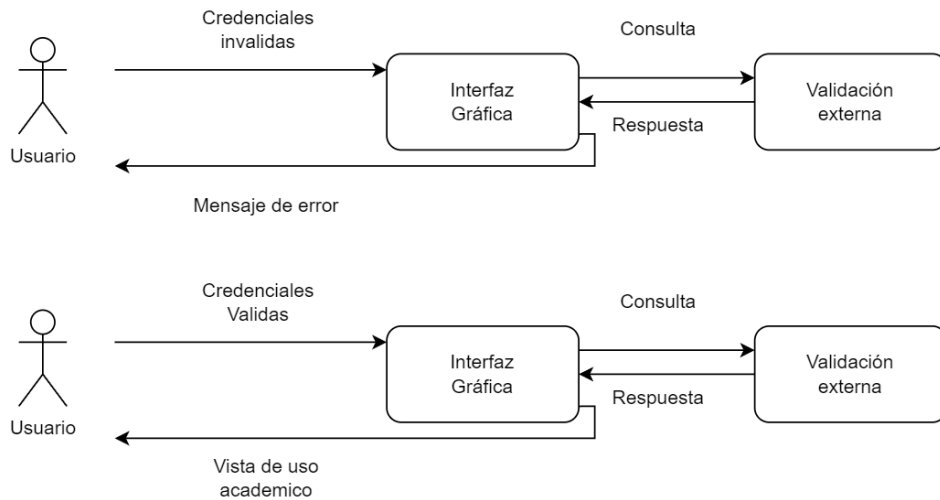


Figura 5.13: Diagrama inicio de sesión.

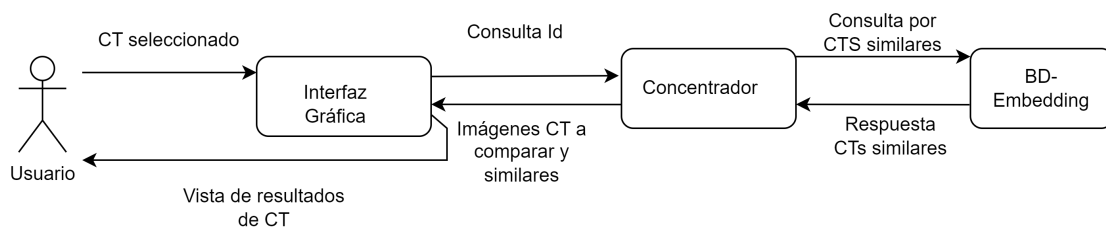


Figura 5.14: Diagrama búsqueda de CTs.

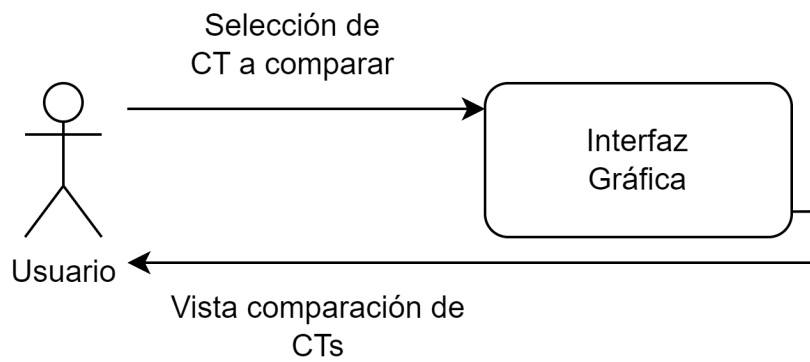


Figura 5.15: Diagrama comparación de CTs.

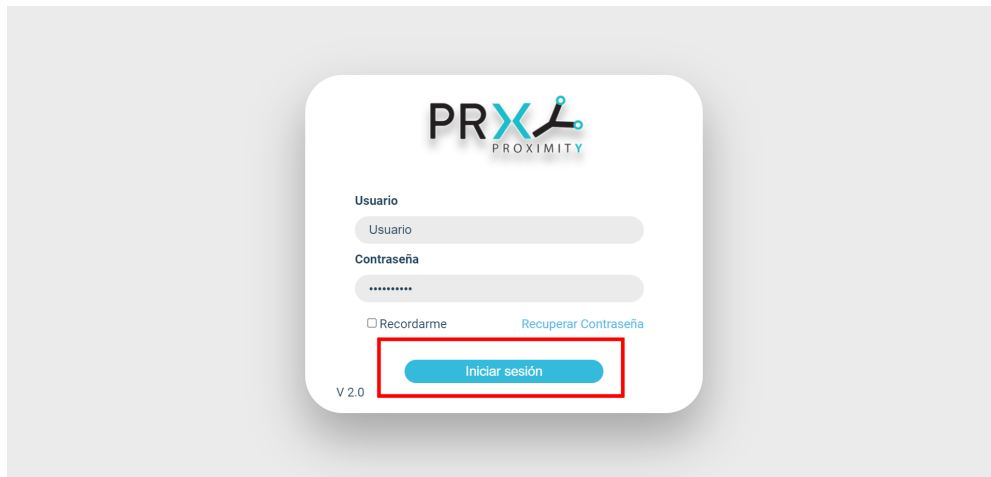


Figura 5.16: Vista de inicio de sesión, donde se cumplen los pasos 1,2 y 3 .

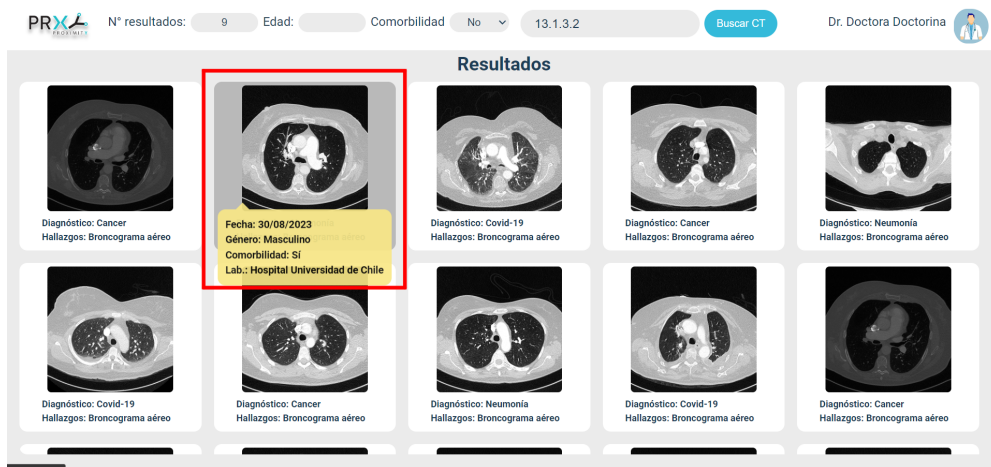


Figura 5.17: Vista de casos agregados, donde se cumplen los pasos 4 y 5.

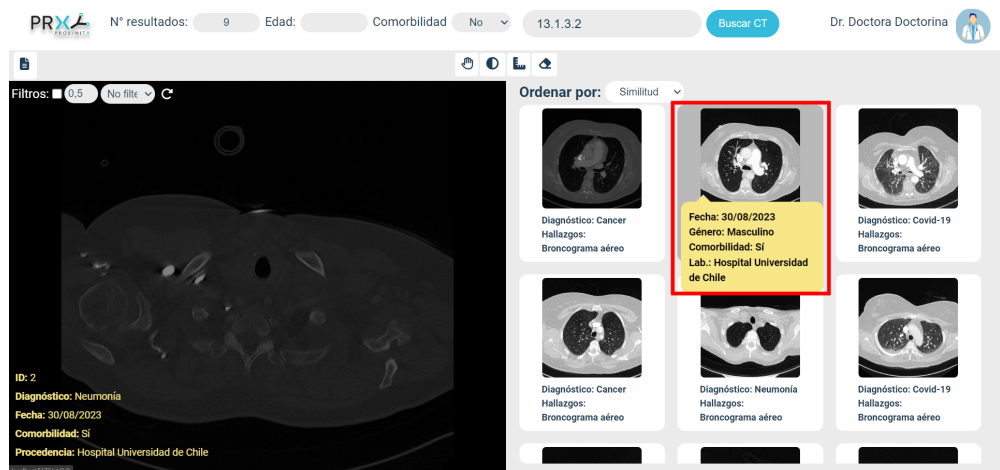


Figura 5.18: Vista principal donde se cumple el paso 6 y 7.

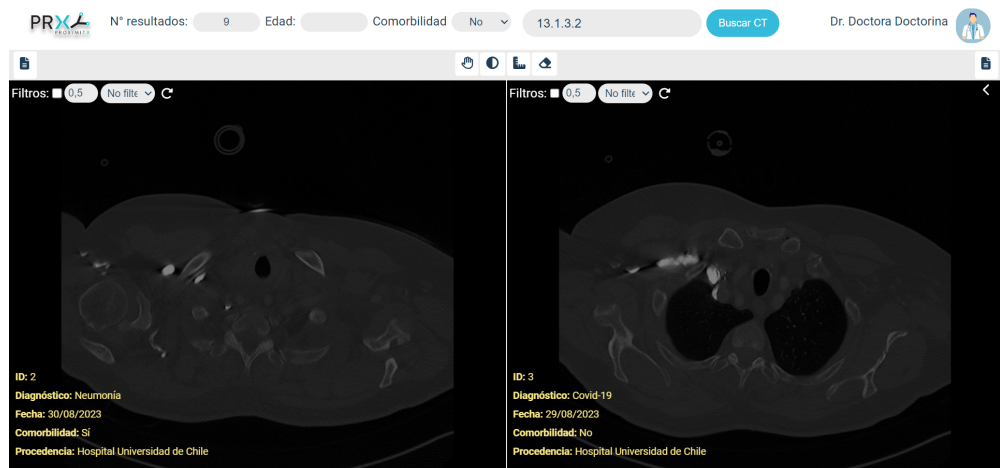


Figura 5.19: Vista principal realizando el paso 8

Caso de uso	Búsqueda y comparación de CT vista académica
Descripción	La plataforma permitira al usuario comparar dos cortes transversales, siendo estos el CT a estudiar seleccionado mediante la busqueda de uso academico y el corte a comprarar mediante el nivel de proximidad seleccionado por el usuario.
Orden	Secuencia de la interracción
1	El usuario solicita la pagina web.
2	La vista de login es desplegada en la interfaz del usuario.
3	El usuario ingresa sus credenciales dentro de la vista
4	La vista retorna la interfaz principal de la pagina
5	El usuario selecciona un corte transversal de la vista academica clicandolo.
6	La interfaz retorna la vista correspondiente al corte transversal.
7	El usuario selecciona un corte transversal a comparar.
8	La interfaz retorna la vista de comparación de CTs
Excepciones	Acciones
1	Se encuentra una sesión ya ejecutada por parte del usario.
	Se salta al paso 4
2	Las credenciales entregadas por el usuario no son validas.
	La interfaz retorna la vista de Login con un mensaje de error correspondiente.
Rendimiento	El sistema debe ser capaz de realizar los pasos del 1 al 4 en menos de dos 1 minutos y debe ser capaz de realizar los pasos del 5-8 en menos de 2 minutos.
Frecuencia	Se espera una moderada cantidad de usuarios realizando esta operación, algunos en simultaneo dentro de la plataforma, durante sesiones de aprendizaje.
Importancia	Vital
Urgencia	Prioritaria

Tabla 5.3: Caso de Uso, Búsqueda y comparación de CT vista académica

Capítulo 6

Conclusiones y Trabajos futuros

Con el desarrollo de este PMV se entrega una herramienta, la cual ahorra tiempo en contextos tan complejos como el diagnóstico de un paciente, además de aportar a procesos, que en el estado del arte previo requerirían un gran esfuerzo por parte de los usuarios. Con esto en mente es posible pensar en un futuro no muy lejano donde labores similares sean simplificadas gracias a avances tecnológicos como la inteligencia artificial.

Desde una mirada de desarrollo de proyectos, la innovación es parte esencial del ámbito de la medicina, múltiples ideas y proyectos nacen y se desarrollan con la mentalidad de formar parte de este nicho de desarrollo; sin embargo, la labor no termina acá. Las soluciones han de adaptarse a los problemas y no viceversa.

Mirando en retrospectiva al desafío, hay múltiples factores y visiones que surgieron durante el transcurso de este, problemas difíciles de percibir en etapas tan tempranas de desarrollos y que salieron a la luz luego de reuniones y discusiones con personal médico.

Sería inadecuado no destacar la importancia de la comunicación en el desarrollo

de proyectos de innovación, en una época donde la innovación es pan de cada día, es necesario no solamente iterar en las herramientas de desarrollo, sino también en el trabajo humano y comunicativo.

6.1. Trabajo Futuro

Aunque se llegó a un producto mínimo viable durante el desarrollo del programa de memorias multidisciplinarias, se alcanzaron las expectativas por parte del cliente de este producto y además se sentaron múltiples bases para implementación a futuro. Todavía queda trabajo por realizar.

Mediante discusiones tanto con el cliente, como con el equipo de desarrollo, se han llegado a ciertos puntos importantes para que Proximity se destaque dentro del mercado y que han de ser implementado en un futuro no muy lejano.

6.1.1. Migración al 3D

Actualmente, Proximity trabaja mediante el reconocimiento de volúmenes tridimensional de datos donde ciertas imágenes bidimensionales en específico se utilizan para el reconocimiento de proximidad, procesos necesarios para la aplicación como el embedding y la presentación utilizan la representación bidimensional de estos, sin embargo, actualmente se está trabajando en una versión que utiliza únicamente datos 3D para representar esta información, por lo cual será necesario implementar visor de datos 3D además de adaptar ciertas funcionalidades de la interfaz y a este tipo de datos en específico.

6.1.2. Actualización tecnologías

Esta aplicación fue pensada y diseñada con la finalidad de realizar una prueba de concepto y entregar las bases para un producto más detallado, por ende las tecnologías adoptadas fueron basadas en estos supuestos, con una carga de usuarios no muy altas y con una cantidad de variables acotadas.

Para la implementación de una aplicación orientada al mercado y competitiva se debe tomar en cuenta las limitantes planteadas en durante el desarrollo del PMV, abriéndose a soluciones acordes a los estándares de la industria, se plantea, en un futuro, cambiar el lenguaje del concentrador de Fast-Api a Django, con tal de aumentar la robustez dentro de la aplicación, traducir la plataforma a múltiples idiomas, montar la aplicación en servidores capaces de soportar altas cantidades de usuarios en simultáneos y actualizar el sistema de autenticación multifactor.

6.1.3. Completitud de la plataforma

Para una prueba de concepto se utilizaron imágenes referentes a los diagnósticos de la zona torácica, específicamente referentes al parénquima pulmonar, sin embargo, los estudios de resonancias no abarcan únicamente esta sección del cuerpo, sino que estos diagnósticos pueden ser de múltiples partes del cuerpo.

Por esto es necesario expandir esta aplicación al resto de zonas de diagnóstico, además de no necesariamente restringirse a tomografías computacionales, sino también abrirse al uso de otras tecnologías como rayos x y resonancias magnéticas.

Por último, es necesario ampliar la mirada de la aplicación a una interfaz completa y dejar espacio para acoplar las próximas herramientas a desarrollar por parte del grupo ALPACS.

Bibliografía

- [1] Glosas Presupuestarias y el Articulado de la Ley referentes a lista de espera (2021) Ministerio de Salud. Subsecretaria de redes asistenciales: Santiago, chile
- [2] Orientaciones para la planificación y programación en red (2019). Ministerio de Salud, Subsecretaria de redes asistenciales: Santiago, chile.
- [3] O, Bitkina J. Park , H. Kim (2017) Application of artificial intelligence in medical technologies: A systematic review of main trends. DIGITAL HEALTH. 2023;9. doi:10.1177/20552076231189331
- [4] DICOM Library, 2023, DICOM Samples.<https://www.dicomlibrary.com/>
- [5] J. Bimal. (2017). The key role of differential diagnosis in diagnosis. Diagnosis. 4. 10.1515/dx-2017-0005. p. 239-240
- [6] A. Trasobares, (2003). Los sistemas de información: evolución y desarrollo. Proyecto Social: Revista de Relaciones Laborales, (10-11), 149-165.
- [7] Cornerstone. 2023.Cornerstone3D. <https://www.cornerstonejs.org/>
- [8] JavaScript. 2021. JavaScript. <https://www.javascript.com/>
- [9] React.2023 React(18.2.0). <https://react.dev/>
- [10] Vue. 2023 Vue(3.3.3) <https://vuejs.org/>
- [11] Python. 2023 Python(3.3.3) <https://vuejs.org/>

- [12] Flask. 2023 Flask(2.2.2) <https://flask.palletsprojects.com/>
- [13] Django. 2023 Django(4.1.6) <https://www.djangoproject.com/>
- [14] Bootstrap. 2023 Bootstrap(5.0.2) <https://getbootstrap.com/>
- [15] Cornerstone.js. 2021 Cornerstone(2.6.1) <https://github.com/cornerstonejs/cornerstone/wiki>
- [16] FastApi. 2023. FastApi. <https://fastapi.tiangolo.com/>
- [17] Node.js 2023 Node(9.5.0) <https://nodejs.org/en>
- [18] J. Nielsen (1995), Using paper prototypes in home-page design, in IEEE Software, vol. 12, no. 4, pp. 88-89, July 1995, doi: 10.1109/52.391840.
- [19] S. Hezbollah and S. Tariq. (2017). Node.js Challenges in Implementation. Global Journal of Computer Science and Technology. 17. 72-83.
- [20] G. Jadhav and F. Gonsalves. (2020) Role of Node.js in Modern Web Application Development p. 6145 - 6149
- [21] Encuesta abierta a desarrolladores StackOverflow (2019) <https://insights.stackoverflow.com/survey/2019>
- [22] S. Palmer, K. Schloss, (2010). An ecological valence theory of human color preference. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 107(19), 8877–8882.
- [23] “A Guardian Guide to your Metadata”. theguardian.com. Guardian News and Media Limited. 12 June 2013. Archived from the original on 6 March 2016.