

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE POSTGRADO**



**MODELAMIENTO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN,  
ALMACENAMIENTO Y GESTIÓN DE IMÁGENES EN  
OFTALMOLOGÍA INTEGRADO AL SISTEMA DE  
INFORMACIÓN HOSPITALARIA**

**YASNA DANISA SOTO SÁNCHEZ**

**ACTIVIDAD DE FORMACIÓN EQUIVALENTE (AFE) PARA OPTAR AL GRADO  
DE MAGÍSTER DE INFORMÁTICA MÉDICA**

**Director de Tesis: Prof. Dr. Steffen Härtel**

**2022**





**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE MEDICINA  
ESCUELA DE POSTGRADO**



**MODELAMIENTO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN,  
ALMACENAMIENTO Y GESTIÓN DE IMÁGENES EN  
OFTALMOLOGÍA INTEGRADO AL SISTEMA DE  
INFORMACIÓN HOSPITALARIA**

**YASNA DANISA SOTO SÁNCHEZ**

**ACTIVIDAD DE FORMACIÓN EQUIVALENTE (AFE) PARA OPTAR AL GRADO  
DE MAGÍSTER DE INFORMÁTICA MÉDICA**

**Director de Tesis: Prof. Dr. Steffen Härtel**

**2022**

*A mis padres, a mi esposo, a mi hijo y a mi perro.*

*A mis amigos cercanos,*

*Les dedico este trabajo con el propósito de ser un aporte en la salud pública.*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la unidad de Oftalmología, en especial a las tecnólogas médicas Vanessa Valencia y Elisa Silva quienes fueron las primeras en apoyarme y hasta el día de hoy lo hacen, sin ellas, no hubiese sido posible este proyecto.

Agradezco al Servicio de Salud Metropolitano Norte, en especial al Sr. Luis Jiménez encargado de informática, quien tuvo una gran participación y excelente disposición para que el proyecto se llevase a cabo. A su vez, cabe destacar la ayuda por parte de Timed proveedor de Synapse quienes nos dieron soporte para la implementación.

Agradezco al director de tesis, Prof. Dr. Steffen Härtel quien me dio las directrices necesarias para sacar adelante el proyecto con lo mejor de mí. También estoy muy agradecida de la comisión evaluadora por darse el tiempo de resolver mis dudas y retroalimentarme con gran información para completar mi proyecto.

Agradezco también a mis compañeros de magíster, en especial a Alonso Carvajal, puesto que fue un gran apoyo y me enseñó a realizar las pruebas internas, facilitando la obtención de resultados del presente trabajo y a Liz Román que se dio el tiempo de escucharme durante este periodo.

Agradezco la gran colaboración que tuvo el Dr. José Andonegui, quien me facilitó información desde España sin conocernos personalmente, y ha tenido una gran disposición que hasta el día de hoy le agradezco mucho.

Agradezco a mi lugar de trabajo Valtek, en especial a mis compañeros de trabajo Guillermo López, Diego Fuentes y Daniel Gallardo, quienes han tenido la amabilidad de darme el tiempo suficiente para desarrollar mi tesis y apoyarme a resolver las dudas que he tenido durante este trabajo,

Agradezco a mis cercanos, en especial a la Dra. Blanca Riquelme quien me apoyó desde el inicio con esta idea para la especialidad de oftalmología y me ha brindado soporte emocional a distancia.

Finalmente, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional: a mis padres, a mi esposo y a mi perro Mostaza.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	11
CAPITULO I. MARCO TEÓRICO .....	13
1.1 Manejo de los exámenes e imágenes oftalmológicas .....	13
1.2 Antecedentes .....	15
1.2.1 PACS .....	15
1.2.2 DICOM.....	18
1.3 Problema .....	21
1.4 Motivación.....	21
1.5 Revisión bibliográfica.....	23
1.5.1 Levantamiento de información.....	23
1.5.2 Diseño de procesos .....	23
1.5.3 Ingeniería de requerimientos .....	24
1.5.4 Interoperabilidad.....	25
1.5.5 Calidad en sistemas de información en salud.....	26
1.5.6 Protección de los datos .....	28
CAPITULO II. OBJETIVOS .....	33
2.1 Objetivo general.....	33
2.2 Objetivos específicos .....	33
CAPITULO III. METODOLOGIA.....	34
3.1 Alcance .....	34
3.2 Diseño .....	34
CAPITULO IV. RESULTADOS .....	36
4.1 Levantamiento de información del proceso hospitalario actual en oftalmología .....	36
4.1.1 Modelado y puntos críticos del almacenamiento de exámenes .....	36
4.1.2 Recursos tecnológicos, infraestructura y puntos críticos en la unidad. ....	40
4.1.3 Construcción de requerimientos del sistema propuesto .....	43
4.2 Recursos humanos, nivel organizacional y tecnológicos de la unidad .....	44
4.2.1 Modelo estructural: <i>Human, Organizational and Technology-fit</i> (HOT-Fit).....	44
4.3 Propuesta del modelo: la nueva forma de almacenar imágenes .....	48
4.3.1 Implementación del nuevo sistema: uso de Ginkgo CADx y PACS <i>Synapse</i> .....	51
4.3.2 Propuesta de interoperabilidad con recursos FHIR .....	54

4.4 Medición de las variables de calidad: el antes y después de la implementación.....	72
CAPITULO V. DISCUSIÓN .....	79
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....	84
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	85

## RESUMEN

Los diagnósticos oftalmológicos se apoyan principalmente en imágenes médicas, lo que es fundamental para el tratamiento oportuno del paciente, evitando la ceguera. En general, los distintos servicios de oftalmología almacenan las imágenes en una carpeta compartida en red, lo que genera una capacidad de almacenamiento limitada, extravío de los exámenes, exposición de la información del paciente y acceso limitado a las imágenes, dificultando la atención médica del paciente.

Esta AFE propone un piloto de sistema de información, almacenamiento y gestión de las imágenes médicas integrado con el registro clínico electrónico. La especialidad de oftalmología representa un campo ideal en la aplicación de estos modelos debido a que las imágenes obtenidas son digitales, lo que permitirá almacenarlas en forma segura evitando la pérdida o impresión de un examen, garantizando el acceso y protección de la información de los pacientes.

Como metodología se consideró realizar entrevistas estructuradas o semiestructuradas a los usuarios clínicos y programar reuniones para conocer el actual flujo de trabajo. Se utilizaron los estándares de interoperabilidad como *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) y *Health Level 7 (HL7) Fast Healthcare Interoperability Resources* (FHIR) como propuesta de integración de imágenes médicas y para la agilización de los procesos de obtención, gestión y distribución de imágenes médicas se dispuso de un sistema *Picture Archiving Communication System* (PACS). Los procesos se diseñaron con el Modelo y Notación de Procesos de Negocio (BPMN), considerando los procesos técnicos presentes en el flujo clínico.

Para analizar el impacto de la implementación, se consideraron diferentes encuestas basadas en la escala de Likert, para determinar la aprobación por parte de los usuarios y la percepción de calidad en el sistema de información en salud con diferentes enfoques. Como resultado del trabajo se busca: (i) evitar la pérdida de exámenes, (ii) aumentar la eficiencia y (iii) la calidad de la atención.

Por otra parte, las evaluaciones cuantitativas de desempeño permitan tomar nuevas decisiones: se propone un nuevo flujo de trabajo con el fin de mejorar el proceso de almacenar y compartir imágenes médicas oftalmológicas, para esto: (i) es importante disponer de datos relevantes, (ii) tener los recursos necesarios y (iii) contar con el apoyo de los interesados a través de una adecuada gestión de cambio. Considerando los factores elaborados, es posible mejorar las

atenciones en el servicio de oftalmología, para dar un primer paso a un sistema de información para oftalmología, generar la instancia de la teleoftalmología y por qué no, inteligencia artificial no solo para retinopatía diabética, sino para patologías como glaucoma y degeneración macular.

-

## ABSTRACT

Ophthalmologic diagnoses are mainly supported by medical images, which is essential for the timely treatment of the patient, avoiding blindness. In general, the different ophthalmology services store images in a shared network folder, which generates limited storage capacity, misplacement of exams, exposure of patient information and limited access to images, hindering patient care.

This AFE proposes a pilot system for information, storage and management of medical images integrated with the electronic clinical record. The ophthalmology specialty represents an ideal field in the application of these models because the images obtained are digital, which will allow them to be stored securely avoiding the loss or printing of an exam, guaranteeing access and protection of patient information.

As a methodology, structured or semi-structured interviews with clinical users were considered, and meetings were scheduled to learn about the current workflow. Interoperability standards such as Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) and Health Level 7 (HL7) Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR) were used as a proposal for the integration of medical images and a Picture Archiving Communication System (PACS) was used to streamline the processes of obtaining, managing, and distributing medical images. The processes were designed with the Business Process Model and Notation (BPMN), considering the technical processes present in the clinical flow.

To analyze the impact of the implementation, different surveys based on the Likert scale were considered to determine user approval and the perception of quality in the health information system with different approaches. As a result of the work, the aim is to: (i) avoid loss of examinations, (ii) increase efficiency and (iii) quality of care.

On the other hand, quantitative performance evaluations allow new decisions to be made: a new workflow is proposed to improve the process of storing and sharing ophthalmologic medical images, for this: (i) it is important to have relevant data, (ii) to have the necessary resources and (iii) to have the support of the stakeholders through adequate change management. Considering the factors elaborated, it is possible to improve care in the ophthalmology service to take a first step towards an information system for ophthalmology, to generate the instance of

teleophthalmology and why not, artificial intelligence not only for diabetic retinopathy, but also for pathologies such as glaucoma and macular degeneration.

## CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Manejo de los exámenes e imágenes oftalmológicas

Dentro de las especialidades médicas, la oftalmología ha sido una de las que ha adquirido mayor fuerza durante los últimos años debido al aumento de patologías oftalmológicas y a los avances tecnológicos para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de estas enfermedades. La prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles del sistema visual como la retinopatía diabética, degeneración macular relacionada con la edad y el glaucoma - las cuales son causas mundiales de pérdida de visión o ceguera - ha superado considerablemente al número de especialistas como retinólogos y glaucomatólogos para cubrir las necesidades de estos pacientes. En Chile, existe una prevalencia de un 24,6% para retinopatía diabética, un valor que se encuentra dentro de los rangos a nivel mundial que abarcan desde un 12,1% a 40,3% (2). En cuanto a la degeneración macular no existen datos de prevalencia o incidencia en Chile, pero sí a nivel mundial alcanza incluso hasta el 15% en la Unión Europea (3). Sin embargo, este valor podría ser mucho menor en Chile dado que tiene una gran relevancia genética, siendo un factor de riesgo ser de origen europeo (3). Respecto al glaucoma, no existen datos de prevalencia actualizados para Chile, pero en el año 2000 se registró una cifra cercana al 2% sobre los 40 años y para el año 2050 se espera que existan alrededor de 8400 casos por cada millón de habitantes (4).

La tecnología en salud está en constante desarrollo especialmente en Japón y Europa (dado que la población está envejeciendo rápidamente), implicando que incrementen aún más las necesidades y demandas en los sistemas de salud. Es por este motivo que las herramientas de diagnóstico y tratamiento, sobre todo en las especialidades, se convertirán en tecnologías altamente sofisticadas. A raíz de lo anterior, es importante que la obtención de imágenes médicas de los diferentes equipos de diagnóstico en oftalmología no solo sea de alta calidad, sino que también su adquisición debe ser rápida y con fácil acceso a los especialistas (5), proporcionando el seguimiento y el diagnóstico adecuado para estas patologías.

En Chile no existe evidencia formal de la producción de imágenes médicas obtenidas por los diferentes equipos oftalmológicos para cada centro hospitalario, ni mucho menos para el sector privado. Tampoco existe información oficial en cuanto a la estructura de la gestión y

almacenamiento de las imágenes oftalmológicas en los servicios de oftalmología de los centros hospitalarios o de centros oftalmológicos privados. Actualmente solo se conoce la plataforma DART como repositorio de imágenes médicas para retinografía o fondo de ojo en las Unidades de Atención Primaria Oftalmológicas (UAPOs), la cual utilizaría inteligencia artificial para detectar retinopatía diabética a través de las imágenes capturadas por el retinógrafo y que posteriormente, son subidas a la plataforma web [www.teleoftalmologia.cl](http://www.teleoftalmologia.cl). Se describe que el almacenamiento de datos se compone de una base de datos y un *storage*, la cual se pueden guardar imágenes en la plataforma. Para realizar este proceso, se hace a través del protocolo NFSv4 que contiene el módulo web y el módulo de inteligencia artificial. Finalmente, la base de datos ejecuta un microservicio *Docker* usando el *storage* a través del protocolo mencionado anteriormente. Cabe destacar que el sistema DART considera solo el examen de Fondo de Ojo con dos imágenes por cada ojo, teniendo un peso promedio de 8MiB por examen realizado (6).

En general, cada centro hospitalario se encarga de gestionar de la mejor manera posible las imágenes oftalmológicas y exámenes obtenidos de los diferentes equipos oftalmológicos (modalidades) como: Tomógrafo de Coherencia Óptica (OCT), Retinógrafo (RET), Angiógrafo retinal (AGF), Biómetro ultrasónico y óptico ocular (BIO), Campo Visual Computarizado (CVC), Topógrafo corneal (TOPO), Microscopio especular (ME), Campo Visual de Goldman (CVG), entre otros. El Tecnólogo Médico en Oftalmología quien realiza estos exámenes, gestiona los resultados bajo las siguientes opciones: a) entrega al paciente el examen impreso o en CD/DVD, b) almacena las imágenes en el mismo registro clínico electrónico (RCE) o c) simplemente se almacena en un computador el cual se crea una carpeta compartida en red, lo que no es compatible con una arquitectura funcional de hardware y software que permita una correcta gestión de las imágenes médicas.

Bajo ese contexto, este trabajo propone un modelamiento de esta arquitectura basado en el sistema PACS (*Picture Archiving and Communication System*), de tal manera que permita realizar las funciones de visualización, almacenamiento, recuperación y comunicación de objetos clínicos, contribuyendo a aumentar la calidad en diferentes dimensiones y facilitar el trabajo del equipo clínico.

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1 PACS

Es sabido que existe un sistema de almacenamiento y gestión de imágenes médicas, la cual permite tener un gran repositorio de imágenes a disposición para facilitar la búsqueda y asegurar que el examen esté correctamente asociado al paciente. Esta tecnología existe desde los años 80, mejorando los procesos de atención clínica. Por ejemplo, Centros como el hospital de Nueva York, el hospital *Tseung Kwan* de Hong Kong, el Hospital General de Massachussets, entre otros, han comprobado las bondades del sistema PACS, dado que aumentaron el número de estudios por día disminuyendo la incidencia de pérdida de exámenes y mejorando la disposición de imágenes e información asociada (7).

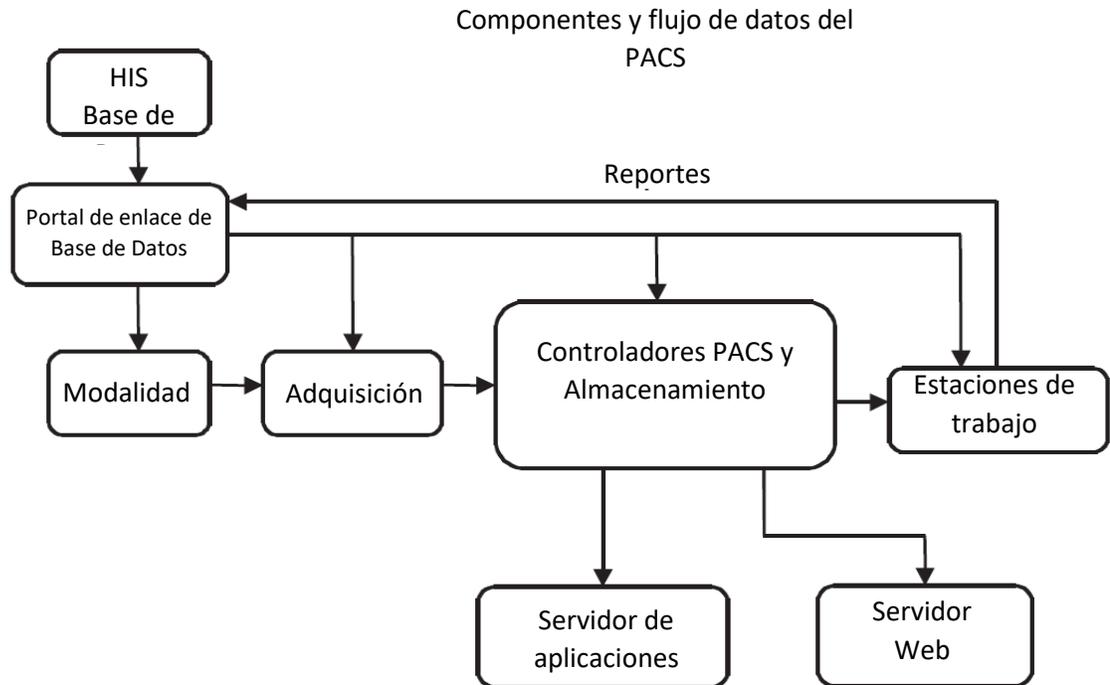
Los sistemas PACS son una infraestructura que vincula las modalidades, estaciones de trabajo, archivo de imágenes y sistema de información clínica en un sistema integrado que permite la gestión electrónica, almacenamiento y acceso a datos de registros médicos. Las características principales de un sistema PACS se describen en la tabla 1 (8).

Adquisición de imágenes	Directamente desde las modalidades que son de naturaleza digital (CT, MR, NM, etc.). O mediante modalidades cuya información es analógica y requiere de digitalizadores especiales.
Almacenamiento de información	Información digital almacenada juntamente con todos los datos asociados (información del paciente o de los estudios realizados) a su contexto, través de BBDD para la gestión de la información.
Transferencia local de imágenes	Disponibilidad de información para toda la comunidad clínica con independencia del origen de la información. Facilitando la interpretación, diagnóstico y/o revisión, a través de la integración de sistemas de información involucrados.
Consulta de imágenes	Visualización de la información clínica, tanto para interpretación, diagnóstico e informado clínico desde las estaciones de trabajo y herramientas de procesado integradas en el sistema, que faciliten el trabajo de los clínicos.
Registro de resultados	El resultado de la interpretación y diagnóstico debe integrarse a las imágenes y a su vez al sistema PACS, ya sea a través de voz o texto, utilizando herramientas

	que faciliten la introducción de datos (reconocimiento de voz) o informes estructurados con formularios predefinidos.
Interfaz con otros sistemas	Interoperabilidad entre los diferentes sistemas de información facilitando la capacidad de HIS-RIS-PACS. Optimizando la utilización de recursos y los flujos de trabajo dentro de la organización asistencial mejorando la calidad de los servicios al paciente y facilitando el entorno a la investigación y soporte a la docencia médica.
Transferencia remota de imágenes	Otro aspecto para contemplar en el desarrollo de un sistema PACS, es la posibilidad de intercambiar información entre diferentes centros sanitarios.

**Tabla 1.** Principales funciones de los sistemas PACS. Fuente: Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Servicio de Evaluación del Servicio Canario de la Salud (8).

En síntesis, los componentes del hardware incluyen servidores con datos de pacientes, modalidades, datos/interfaces de las modalidades, controladores PACS con base de datos y archivos, y estaciones de trabajo conectados a la red para manejar el eficiente flujo de datos/imágenes en el PACS. La imagen y los datos guardados en el PACS pueden ser extraídos desde lo archivado y transmitido a la aplicación de los servidores para varios usos. La figura 1 muestra los componentes básicos del PACS y el flujo de datos (9).



**Figura 1.** Componentes genéricos del PACS y flujo de datos. El sistema de integración y la implementación clínica son dos componentes necesarios durante la implementación después de que el sistema esté físicamente conectado. Los servidores de aplicaciones conectados al controlador PACS amplían la infraestructura del PACS para la investigación, educación y otras aplicaciones clínicas. Fuente: H. K. Huang (2004). PACS and Imaging Informatics: Basic Principles and Applications (9).

Puede ser que se piense para qué debemos tener un sistema de PACS si basta con tener un ordenador que sea capaz de almacenar imágenes y recuperarlas de manera similar a un PACS. Sin embargo, eso no es lo óptimo dado que si disponemos de un PACS tenemos un almacén lógico de imágenes que pueden ser recuperadas desde programas habilitados para realizar las consultas necesarias de esas imágenes.

Cabe destacar que el PACS no es una entidad aislada, por lo general en los sistemas de radiología se encuentra asociado al sistema de información radiológica (RIS) para recibir la información del paciente y un visualizador para ver los resultados de exámenes. El RIS se puede comunicar con el Sistema de Información Hospitalaria (HIS) de tal manera que los datos del paciente sean trabajados de manera estandarizada. Para realizar una integración de este tipo se utiliza por lo general mensajería HL7 (10).

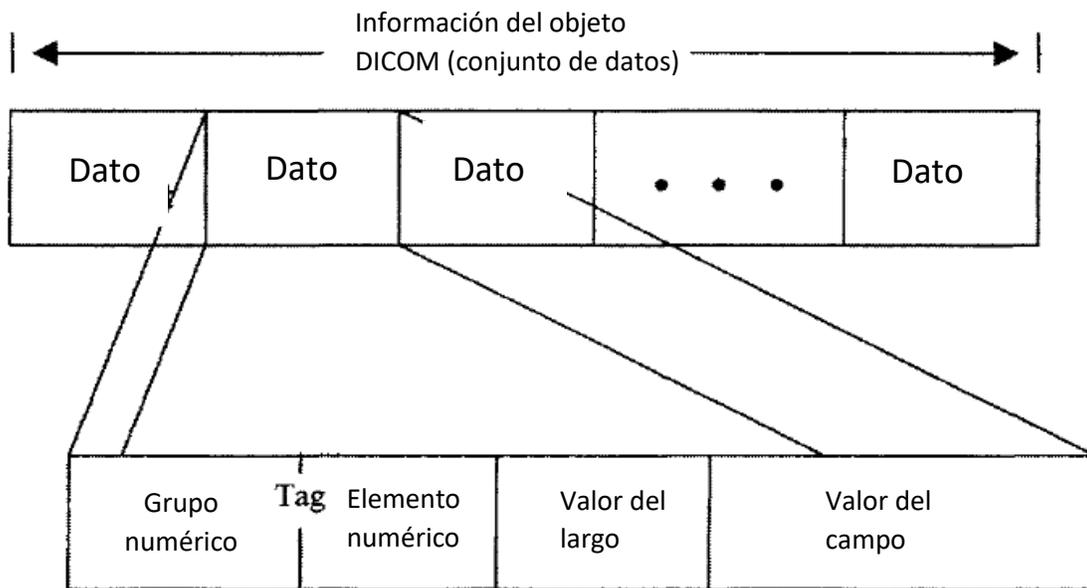
## 1.2.2 DICOM

El protocolo específico que utilizan los sistemas PACS es DICOM, aunque también se pueden usar otros protocolos específicos para capturar las imágenes. El formato DICOM es el estándar que es reconocido mundialmente para el almacenamiento, transmisión e intercambio de imágenes médicas, aunque partió con radiología, se ha extendido a otras especialidades y desde 1999 incluye específicamente las características de equipamiento oftalmológico. DICOM define el formato de archivos y protocolos de comunicación en una misma red, lo que facilita el intercambio de imágenes médicas entre equipos (10).

Las imágenes médicas son definidas en DICOM como información asociada a través de objetos (IOD) o conjunto de datos. Este IOD representa una instancia de un IOD en el mundo real (como una imagen) y está compuesto de múltiples elementos de datos que contienen valores codificados de los atributos de ese objeto. Cada elemento está hecho de tres campos:

- Etiqueta del Elemento de Datos (DET, *Data Element Tag*)
- Longitud del valor
- Campo del valor

El DET es un identificador único que consiste en un grupo de número de datos y elementos numéricos en notación hexadecimal y es usado para identificar un atributo específico del elemento. Por ejemplo, el píxel de una imagen es guardado en un elemento de dato con etiqueta [7FE0, 0010], donde 7FE0 representa el grupo numérico y 0010 representa el elemento numérico. La longitud del largo especifica el número de bytes que contiene el o los valores de elemento de datos. La figura 3 muestra la composición de la información del objeto de una imagen DICOM.



**Figura 2.** Información del objeto DICOM. Una información del objeto de la imagen DICOM consiste en múltiples elementos de datos. Cada elemento de datos es únicamente identificado por su correspondiente “Tag” compuesto de un grupo de números y un elemento numérico. Un dato de píxel de la imagen es guardado en el elemento 0010 con el grupo 7FE0. Fuente Wong et al. & Lou (2000) (11).

Las aplicaciones PACS son denominadas por DICOM como entidades de aplicación (AEs). Los AEs que están involucrados en la comunicación de imágenes están construida sobre el conjunto de servicios DICOM. Estos servicios, realizados por los mensajes de servicios DICOM se clasifican en dos tipos de servicios: DIMSE-C y DIMSE-N (11).

- DIMSE-C: corresponden a los servicios que son aplicables a objetos de información compuestos (como objetos que representan varias entidades en un modelo de información DICOM).
- DIMSE-N: son servicios aplicables a objetos de información normalizados (representan una única entidad en un modelo de información DICOM).

En las tablas 2 y 3 se puede apreciar los componentes asociados a estos servicios.

Servicio DIMSE-C	Operación
<b>C-ECHO</b>	Verificación de la comunicación entre dos pares entidades de aplicación (AEs).
<b>C-STORE</b>	Transmisión de objetos de información desde un AE a otro.
<b>C-FIND</b>	Consulta información sobre objeto de información.
<b>C-GET</b>	Recuperación de objetos de información almacenadas desde otro AE usando la operación C-STORE.
<b>C-MOVE</b>	Indica a otro AE a transferir objetos de información almacenados hacia un tercero AE usando C-STORE.

**Tabla 2.** Composición del mensaje DICOM del servicio DIMSE-C. Fuente: Wong et al. & Lou (2000) (11).

Servicio DIMSE-N	Operación
<b>N-EVENT-REPORT</b>	Reporta un evento a un par AE
<b>N-GET</b>	Recuperación valores de atributos desde otro AE.
<b>N-SET</b>	Solicita a otro AE a modificar un valor de un atributo.
<b>N-ACTION</b>	Solicita a otro AE a ejecutar una acción sobre el servicio DIMSE.
<b>N-CREATE</b>	Solicita otro AE para crear un nuevo servicio DIMSE.
<b>N-DELETE</b>	Solicita otro AE para borrar un servicio DIMSE.

**Tabla 3.** Composición del mensaje DICOM en el servicio DIMSE-N. Fuente: Wong et al. & Lou (2000) (11).

Básicamente DICOM permite la asociación de una imagen con la información de contexto (metainformación). Este archivo DICOM está compuesto por una cabecera (*Header*), que almacena metadatos y el *Data Set* que contiene la o las imágenes adquiridas. El *header* tiene la sintaxis de transferencia UID (identificador único) la cual especifica la codificación y compresión del *Data Set*. El tamaño de esta cabecera puede variar. La información de aspectos administrativos e identificación del paciente, datos del lugar sanitario y datos de la modalidad, todos estos datos conforman un fichero DICOM con el IOD (12).

Actualmente DICOM es el formato más aceptado por su efectividad, eficacia y seguridad en el almacenamiento y transferencia de imágenes (8).

### 1.3 Problema

A pesar de que el PACS está presente hace mucho tiempo, aún no ha existido una implementación propia en oftalmología debido a que aún realizan la impresión de los exámenes para su visualización, se tiene una carpeta compartida en red con las imágenes o simplemente se entrega una copia en un *Compact Disc (CD)* o *Digital Versatile Disc (DVD)*.

El no uso del PACS podría explicarse debido a que los equipos del mercado no contaban con la suficiente tecnología para la época, y a su vez, la demanda era menor en comparación a las últimas décadas.

El método actual para guardar o distribuir imágenes no da abasto para la producción actual de oftalmología (por ejemplo, un tecnólogo médico puede realizar alrededor de 1500 procedimientos al mes dentro de un centro hospitalario), por lo que interfiere en una adecuada gestión de las imágenes médicas oftalmológicas, la cual no garantiza la calidad del sistema de información en salud, como lo es en estructura (falta de confidencialidad y seguridad, existe redundancia, no hay completitud, disponibilidad ni tampoco precisión de los datos), procesos (existe más de un registro de datos del paciente, error de transcripción de los datos, entre otros) y de resultados (insatisfacción usuaria).

### 1.4 Motivación

La alta demanda de exámenes oftalmológicos y los avances tecnológicos de los equipos crea un escenario que dificulta la forma tradicional de entregar exámenes oftalmológicos (impresiones o entregar un CD/DVD). Por este motivo, es primordial disponer de un modelo que permita el almacenamiento y gestión de imágenes médicas. Bajo esta perspectiva, se recomienda considerar las siguientes herramientas (8, 9):

- Tener un sistema PACS
- Utilizar el estándar DICOM
- Identificar los procesos
- Identificar a *stakeholders* y lograr su apoyo
- Considerar las dimensiones de calidad en los sistemas de información de

salud (estructura, procesos y resultados) más relevantes.

A raíz de lo anterior, el principal foco para desarrollar el modelamiento de este sistema es a través de las dimensiones de calidad, las cuales se mencionarán en el siguiente capítulo, lo que traerá como consecuencia optimizar el flujo de trabajo actual que presenta el servicio de oftalmología y velar por la seguridad de los datos del paciente.

El presente trabajo se llevó a cabo en el Hospital San José (HSJ), que cuenta con un sistema PACS local con su respectivo visualizador y que ya se encuentra disponible en la red. Además, se tiene el apoyo del jefe de Informática del Servicio de Salud Metropolitano Norte (SSMN), la aprobación del jefe de Informática del Hospital San José, la disponibilidad del proveedor del PACS *Synapse* (Timed, Fujifilm) y la aceptación del proyecto por parte de la jefa del Servicio de Oftalmología en conjunto con la Unidad de Tecnología Médica del Hospital.

Una vez implementado el sistema en la unidad, no solo permitió disponer de las imágenes oftalmológicas dentro del centro hospitalario, sino que también fuera del HSJ, lo que daría paso a la teleoftalmología.

## 1.5 Revisión bibliográfica

### 1.5.1 Levantamiento de información

Elaborar un proyecto tiene como propósito disminuir el umbral de incertidumbre al momento de tomar una decisión. A pesar de que no es un fin por sí mismo, es una herramienta que permite aumentar la probabilidad del éxito para lograr nuestros objetivos. Para ello debemos considerar los mecanismos de levantamiento de información: a) observación directa, b) entrevistas, c) encuestas, d) mixtas y sus tipos: a) estructuradas, b) semiestructuradas, c) no estructuradas (13).

### 1.5.2 Diseño de procesos

Una vez obtenido el levantamiento de información, podemos considerar el diseño de los procesos y actividades que se encuentran en un servicio.

En general, las actividades relacionadas al proceso interactúan con otras a través de recursos y dependencias de control (una actividad no se puede iniciar sin que su antecesora no haya terminado). Garcia-Molina et al. (2007) introducen los conceptos de flujo de trabajo y reglas de negocio en su definición, dado que se caracterizan a los procesos de negocio como un conjunto de datos que son producidos y manipulados mediante un conjunto de tareas, donde ciertos involucrados participan de acuerdo con un flujo de trabajo dado (14). Un proceso es la forma natural de la organización, por lo que un modelado permite establecer un flujo de trabajo dentro y entre funciones, de tal manera que se pueda obtener una mejor comprensión de sus requerimientos y así poder identificar las mejoras en los procesos, de una manera eficaz y eficiente. Una forma de modelar procesos es a través del método BPMN, ya que es un estándar que es una forma de documentar los procesos, ayudando a tener mayor consistencia, seguimiento y tener un foco para lograr los objetivos, a través del alineamiento de operaciones, mejorando la comunicación de procesos, aumentando el control y consistencia, mejorando la eficiencia operacional y ganando ventaja competitiva(15).

## 1.5.3 Ingeniería de requerimientos

### 1.5.3.1 Tipos de requerimientos

Se dividen requerimientos en funcionales y requerimientos no funcionales (16). Los funcionales son los requerimientos que determinan lo que será capaz de hacer el sistema, para ello es primordial describir el ¿Qué? Y no el ¿Cómo? Esto se traduce principalmente a la lógica y al código del sistema.

Los requerimientos no funcionales se relacionan con las características que puedan limitar al sistema, como interfaces de usuario, mantenimiento, seguridad, etc. (16).

### **Proceso de análisis de requerimientos**

Esto es la primera parte para dar lo que el cliente necesita en un software. Un método para considerar es el siguiente (17):

1. Reconocimiento del problema: para ello hay que estudiar las especificaciones del sistema y el plan del proyecto de software.
2. Evaluación y síntesis: en esta parte se debe enfocar en el flujo y estructura de la información, definir las funciones del software, determinar factores que afectarían el desarrollo del sistema, ver las características de la interfaz, entre otros.
3. Modelización: El modelo servirá para comprender mejor el proceso funcional, siendo la base para la creación de una especificación del software.
4. Especificación: Especificación para representar el software.
5. Revisión: Se especifican los criterios de validación, la cual implica que se ha llegado al diseño óptimo del software.

### 1.5.3.2 Casos de uso

Es un conjunto de instrucciones que un actor completa para pasar al siguiente paso dentro de un proceso. Para ello, se deben considerar los siguientes puntos (18):

1. Identificar el proceso y escenario

2. Identificar a las partes interesadas y participantes clave
3. Determinar objetivos
4. Recolectar datos relevantes
5. Organizar los datos recopilados
6. Resumir y formular conclusiones

### 1.5.4 Interoperabilidad

Según *Healthcare Information and Management Systems Society* (HIMSS), la interoperabilidad se define como la capacidad de diferentes sistemas de información, dispositivos y aplicaciones para acceder, intercambiar, integrar y usar cooperativamente los datos de manera coordinada. A su vez, se describen 4 niveles de interoperabilidad: (i) Fundacional; (ii) Estructural; (iii) Semántico y (iv) Organizacional. Por otra parte, también existen otros clasificadores que definen diferentes niveles de interoperabilidad, como Walker y HL7(19).

#### 1.5.4.1 Metodología de la interoperabilidad

Esta metodología ha sido propuesta por el Centro Nacional en Sistema de Información en Salud (CENS), la cual permite diseñar y desarrollar proyectos interoperables. En la clase de Metodología de Interoperabilidad del curso HL7 FHIR aplicado del dictado por el profesor Sergio Guíñez del CENS, describe al menos 6 etapas estructuradas que permitirá un buen desarrollo del proyecto de interoperabilidad, las cuales se representan en la siguiente imagen (20):



**Figura 3.** Etapas de metodología de interoperabilidad propuesta por el CENS. Fuente: Guíñez, S. (2021) (20).

**Etapa 1:** Creación del Conjunto Mínimo de Datos (CMD). Para esta etapa se requiere dialogar con las partes interesadas para determinar el formato, longitudes y existencia, los datos relevantes y así definir el CMD.

El CMD y permite (21):

- Satisfacer todas las operaciones e intercambios de datos en un determinado proceso.
- Establece datos, propiedades, tipos de datos y descripciones de cada dato.
- Permite tener una mirada global de la información durante un proceso.

**Etapa 2:** Modelamiento de los procesos. Se deben considerar la generación del CMD (instituciones, sistemas, procesos, actores) y el proceso de interoperabilidad, la cual se realiza a través de BPMN.

**Etapa 3:** Estándares y diseño de interoperabilidad. La idea es hacer un “*match*” con el estándar de interoperabilidad, según los acuerdos generados previamente en el proyecto, por lo que hay que tener en cuenta los recursos de HL7 que se deben considerar para este proceso.

**Etapa 4:** Desarrollo de Software. Para esta etapa se realiza la construcción de Endpoints, desarrollo del proyecto de software, ingeniería de software y requerimientos funcionales y no funcionales.

**Etapa 5:** Garantía de calidad: testeo y pruebas de funcionalidad y Quality Assurance (QA).

**Etapa 6:** Implementación del software. Despliegue y guías de implementación.

### **1.5.5 Calidad en sistemas de información en salud**

La calidad de atención con relación al paciente está determinada por la infraestructura, calidad de los datos, competencia del personal y eficacia del sistema operativo, por lo que realizar un buen registro clínico es uno de los principales factores para mejorar la atención de los pacientes.

En base a lo anterior, la atención clínica a los pacientes se basa en el cumplimiento de dos factores que son (22):

- Proveedores y organizaciones de salud establecen una relación efectiva entre ellos.
- Producir y generar registros de alta calidad para intercambiarlos en las organizaciones.

Para estudiar los diferentes enfoques de calidad en los sistemas de información hospitalaria, se basó en los aspectos sugeridos por el *Department of Medical Informatics Academic Medical Center, University of Amsterdam* (23). Esto es porque toma como referencia a la Organización de la Estandarización Internacional (ISO), considerando 3 enfoques de los sistemas de información en salud, los cuales pueden ayudar a identificar y resolver problemas durante el proceso de la información. Cada enfoque de calidad abarca diferentes recursos y éstos a su vez, contienen criterios para cada uno de ellos. Esta descripción se puede ver en la figura 4, donde destaca los enfoques, recursos y criterios de calidad.



**Figura 4.** Calidad de los sistemas de información en salud. Básicamente se desprenden 3 enfoques de la calidad de los sistemas de información en salud: Estructura (Azul), Procesos (Rojo) y Resultados (Verde). Éstos a su vez, se pueden subdividir en recursos que abarcan diferentes criterios para evaluar la calidad, tal como se representa en la figura. Fuente: elaboración propia.

**Calidad de estructura:** Recursos técnicos y humanos para el procesamiento de la información.

**Calidad de procesos:** Este punto describe la calidad de las actividades que son llevadas a cabo por los proveedores de la atención (por ejemplo, cumplir con las normas profesionales, adecuación de la atención). En contexto del HIS, la calidad de procesos se refiere a la calidad de los procesos de información (una secuencia de funciones empresarias) que son necesarias para conocer las necesidades de los usuarios.

**Calidad de resultados:** los efectos sobre la atención de un paciente, que respecta a los cambios en el estado de salud del paciente (mortalidad, morbilidad, costos, etc.). En contexto del HIS, esto se describe como el valor medible del HIS para la institución y con sus partes interesadas (23).

#### *1.5.6.1 Métodos de medición de la calidad en sistemas de información en salud*

**a) Métodos de evaluación cuantitativas:** La idea básica de estos métodos es que los objetos tienen atributos (como duración o cantidad) que pueden ser exactamente medidos. Los métodos cualitativos típicos poseen (23):

- Medición del tiempo
- Conteo de eventos
- Cuestionarios cuantitativos

**b) Métodos de evaluación cualitativos:** Los datos cualitativos describen situaciones individuales y contexto en detalle. Una forma típica para este tipo de evaluaciones es (23):

- Entrevistas cualitativas
- Observaciones cualitativas
- Análisis del contenido cualitativo

### **1.5.6 Protección de los datos**

La privacidad es un derecho humano, donde guarda relación con los espacios que una persona se pueda autodeterminar, por lo que nuestras conversaciones, datos personales y otros, deben estar protegidos dado que es información privada.

La historia del tratamiento de los datos comienza en el año 1970, Alemania, los cuales regulaban a las Autoridades locales alemanas. Luego, por primera vez se encuentra un ente regulador que se encargue de eso, lo cual lo hace Suecia alrededor del año 1973, describiendo un *Datainspektionen*, vale decir, facultades inspectoras, normativas y procesales para requerir la aplicación judicial de sanciones. Finalmente, en 1978, Francia, se menciona sobre derechos, sanciones e infracciones con la ley de protección de datos. Por su parte, EE. UU. consagra la ley de privacidad y en 1980 se dictan las directrices de la OCDE respecto al flujo fronterizo de los datos, los cuales deben tener reglas. Ya en 1983, hay una determinación informativa que viene a dar contenido a la protección de los datos, vale decir, la capacidad de decidir cuándo la persona va a revelar una cierta información. Finalmente, tenemos el reglamento europeo de protección de datos, la cual es una norma que rige a la Unión Europea, por lo que no hay leyes especiales en cada país para la protección de los datos.

Bajo este contexto, al menos hay 3 tipos de modelos a seguir: el modelo europeo donde la protección de datos pasa a ser un derecho fundamental e indispensable para que la persona pueda desarrollarse, el norteamericano cuyo modelo es de autorregulación, donde recién cuando existe una falta a esta norma se toma acción en el asunto y el chino, que se basa en la soberanía digital donde los datos personales se usan solo en China y no existe un flujo de los datos como tal.

En Latinoamérica, hay una norma de protección de datos, como el derecho de una persona a acceder a sus datos o bien, que particulares traten los datos para entidades públicas o privadas. Chile fue el primer país con una ley de protección de datos y bajo esa perspectiva, la protección es moderada y a su vez, tanto el conocimiento de ésta y los incentivos para ir al tribunal, son bajos. Cabe destacar que la protección de datos hace referencia a que la información circule bajo ciertas reglas de seguridad, por lo que no es lo mismo que confidencialidad (24).

En Chile existe la ley del año 1999 (19.628), la cual no tiene una entidad reguladora para quien trata los datos. Para aplicar las leyes de protección de datos, se deben considerar los siguientes aspectos (24):

- 1) Reglamentos
- 2) Ley específica 20.584 de Derechos de los Pacientes
- 3) Ley de datos 19.628

- 4) Constitución política: protección de la salud, privacidad y la honra de las personas y la protección de datos personales como derecho fundamental.

En general, los principios a considerar para el tratamiento de los datos son los siguientes:



**Figura 5.** Principios de la Ley 19.628 y sus conceptos. El tratamiento de los datos debe considerar estos principios, los cuales se encuentran descritos en la Ley 19.628. Fuente: elaboración propia. Los conceptos fueron rescatados de la siguiente fuente: Benussi Díaz, C. (2020) (25). Obligaciones de seguridad en el tratamiento de datos personales en Chile: escenario actual y desafíos regulatorios pendientes.

1.5.6.1 *Seguridad de los datos según normativa Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA)*

**Protección administrativa**

En la práctica, existe una serie de políticas y procedimientos usados para ayudar a la mantención de los datos utilizados en los sistemas informáticos en salud (PHI bajo la norma HIPAA). Algunos ejemplos son (26):

- a) Aceptación del uso de políticas que ayudan a los trabajadores a tener de derechos y responsabilidades para entregar el PHI.
- b) Sanciones políticas que son necesarias quienes violan la ley HIPAA.
- c) Las políticas de acceso de información otorgan un apropiado acceso a los computadores, registros en salud y transmisión de datos.
- d) Las capacitaciones en seguridad deben estar implementados. Los trabajadores son capacitados de políticas y procedimientos relacionados a actualizaciones de software, monitorización del inicio de sesión de computadores, actualización de contraseñas y otras medidas clave de seguridad.
- e) Plan de contingencia, que sea una adecuada preparación de políticas y procedimientos de manera ordenada para responder a la emergencia.

**Protección técnica**

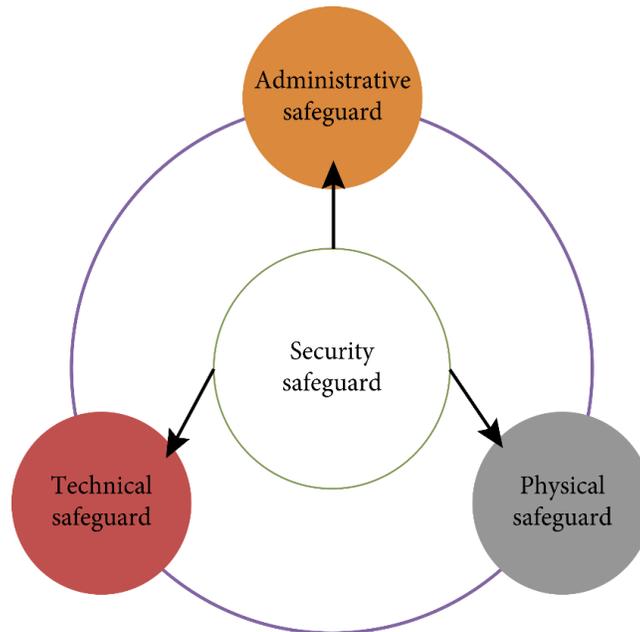
Estas acciones deben ser implementadas con políticas técnicas y procedimientos que permitan el acceso a cualquier persona quien necesite acceder para hacer sus trabajos. Se debiese incorporar encriptación y desencriptación en los respaldos, restauración y transmisión de datos electrónicos del paciente. Estas políticas y procedimientos deben estar configuradas para destruir PHI cuando no tienen una función de larga data (26).

**Protección física**

Debe existir facilidades para acceder al control y éste debe ser monitoreado. Es importante conocer y monitorear quién accede en la práctica, midiendo la seguridad antes y después del

potencial incidente.

En la figura 6 se muestra un sistema con SANS (*SysAdmin, Audit, Network and Security*), Microsoft, y la industria del sistema informático (26).



**Figura 6.** Componentes de la Ley HIPAA. Fuente: Scholas Mbonihankuye et al. 2019 (26).

## CAPITULO II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Comparar parámetros de calidad antes y después de la disponibilización de un piloto de gestión de imágenes en oftalmología y sus efectos en los procesos clínicos atendidos por profesionales en salud.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Identificar y modelar los procesos actuales, casos de uso y requerimientos del sistema de información, almacenamiento y gestión de imágenes médicas en oftalmología.
2. Identificar, describir y analizar los recursos humanos, nivel organizacional y tecnológicos para implementar el piloto de información.
3. Diseñar y describir una propuesta del modelo, la arquitectura e implementación que permita optimizar el proceso de almacenamiento de imágenes médicas oftalmológicas y su integración con el registro clínico electrónico local.
4. Medir la calidad en cuanto a (i) estructura: componentes de aplicaciones informáticas; (ii) procesos: simplicidad de las herramientas del proceso de información; (iii) resultados: cumplimiento de expectativas de partes interesadas.

## CAPITULO III. METODOLOGIA

### 3.1 Alcance

El presente trabajo tiene como alcance implementar un piloto de almacenamiento de imágenes oftalmológicas y su visualizador en el Servicio de Oftalmología del HSJ, con el apoyo de las Tecnólogas Médicas, Oftalmólogos y el SSMN para enriquecer los distintos aspectos de calidad descritos en el marco teórico.

### 3.2 Diseño

Para modelar el flujo de trabajo actual, y el proceso después de la implementación, se tuvo que realizar el levantamiento de información, requerimientos y datos necesarios para evaluar la integración, a través de reuniones (entrevistas) no estructuradas y de la observación directa de los procesos.

En primera instancia, se diseñaron los procesos con la notación *Business Process Model and Notation* (BPMN) utilizando el *software* Camunda, que dispone este estándar para el modelamiento de procesos. Con la información obtenida, se usará el modelo estructural *Human, Organizational and Technology – fit* (HOT-fit) (27) para evaluar los recursos disponibles y ver la factibilidad del proyecto.

Una vez rescatada la información, se procedió a establecer conversaciones con el jefe de informática tanto del SSMN como del HSJ para confirmar la factibilidad del proyecto, quienes plantearon el uso del sistema PACS propio del hospital y su respectivo visualizador *Synapse*, el cual ya se encuentra integrado al Registro Clínico Electrónico (RCE) del HSJ. Para dicomizar las imágenes oftalmológicas se usó el *software* *Gingko CADx*, el cual se instaló en los computadores con acceso a internet y configurados al piloto.

A raíz de lo anterior, se propuso un modelo estándar y un diseño de la arquitectura del piloto, con la idea de ser usado en otros servicios de oftalmología, utilizando la plataforma *draw.io*.

Para modelar los recursos HL7 FHIR se utilizó la metodología propuesta en el curso de HL7 FHIR intermedio del CENS (20) mencionada en el capítulo anterior, con la plataforma *clin.fhir*. Luego, se hicieron pruebas internas de flujo de transmisión de imágenes a través del *software*

Mirth con un servidor PACS (Orthanc) y HL7 FHIR (entornos instalados a través de la VPN U-Chile).

En segunda instancia se analizaron las variables de calidad, las cuales fueron elegidas para tener una apreciación del aspecto general y la validación del piloto. Como se mencionó anteriormente, se eligió el modelo del *Department of Medical Informatics* de la Universidad de Ámsterdam, debido a que realiza un análisis de diferentes ámbitos, considerando recursos técnicos o humanos, esto permitió un estudio más amplio del éxito obtenido tras la implementación del piloto. Para medirlos, se aplicarán encuestas basados en la escala de Likert de 5 niveles con las siguientes opciones: “totalmente en desacuerdo”, “en desacuerdo,” “ni en desacuerdo ni en acuerdo”, “en acuerdo” y “totalmente de acuerdo”.

Para ello, se proporcionó una encuesta de 3 secciones, abarcando el ámbito de usabilidad, información logística y expectativas específicas. Cada sección consta con 10, 8 y 6 preguntas respectivamente, las cuales se realizarán a través del formulario de *Google Forms*.

En la tabla 4, se encuentra el resumen de los enfoques, recursos y criterios de calidad que se consideraron para este trabajo:

Enfoque	Recurso	Criterio
Calidad de estructuras	Componentes de aplicaciones informáticas	Usabilidad
Calidad de procesos	Simplicidad de las herramientas de procesamiento de la información	Información logística
Calidad de resultados	Cumplimiento de expectativas de partes interesadas	Expectativas específicas

**Tabla 4:** Enfoques, recursos y criterios de calidad a evaluar y herramienta a usar. Fuente: elaboración propia.

Para apoyar el análisis de la información y visualizar los resultados, se usó la herramienta *Python*.

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Levantamiento de información del proceso hospitalario actual en oftalmología

El levantamiento de información realizado en el Servicio de Oftalmología del HSJ tuvo como principal propósito rescatar la manera en que se realizaban los exámenes oftalmológicos hasta que el/la oftalmólogo(a) los observa. También se pudo dilucidar la información más relevante que se debe considerar entre la comunicación del visualizador de imágenes con el RCE del hospital. Además, se analizaron los recursos disponibles y qué se necesitaba para la puesta en marcha del proyecto.

#### 4.1.1 Modelado y puntos críticos del almacenamiento de exámenes

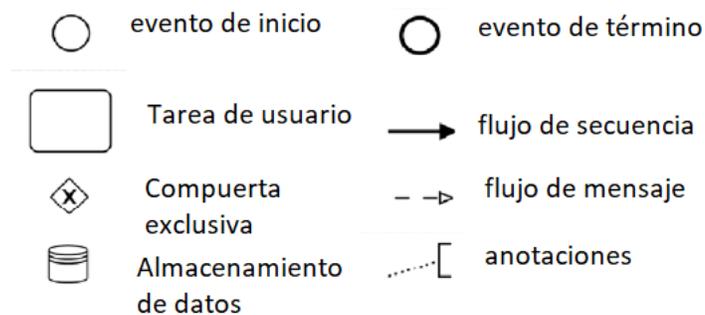
Una vez que el oftalmólogo atiende a un paciente, éste le puede indicar uno o más exámenes oftalmológicos, o bien, le da el alta o le pide una nueva cita de control médico. En el caso de que le hayan pedido exámenes el oftalmólogo le entrega una orden a papel y el paciente debe solicitar una hora para los exámenes el mesón de secretaría, siendo agendado en el RCE del hospital. El día en que el paciente tiene su hora, debe anunciar su llegada en el mesón de secretaría y luego será llamado por el o la tecnólogo médico, quien le tomará el(los) examen(es) según corresponda. En cada equipo en donde se tomará el examen, el tecnólogo médico debe ingresar los datos demográficos del paciente, y luego de eso, toma el examen solicitado. Cuando ya se han completado todos los exámenes, el paciente se retira del box para pedir la hora con el oftalmólogo en el mesón de secretaría. Por otra parte, el o la tecnólogo médico edita las imágenes en cada software del equipo oftalmológico y guarda las imágenes en un pendrive, excepto la campimetría computarizada y campo visual de Goldman, dado que este equipo es más antiguo y solo permite la impresión del examen o dibujarlo, por lo que se debe tomar una fotografía para enviarla por correo electrónico. Cabe destacar que el único examen que debe ir siempre impreso es la biometría ocular, debido a que en la Unidad de Cirugía Ambulatoria (UCA) no tienen acceso a los exámenes oftalmológicos y además lo exigen en la ficha de papel. Finalmente, cuando ya se guardaron todas las imágenes en el pendrive, se copian en la carpeta compartida en red del computador principal, el cual comparte para el resto de los computadores.

Cada carpeta contiene el Rol Único Tributario (rut) del paciente con sus exámenes, sin ningún tipo de ordenamiento.

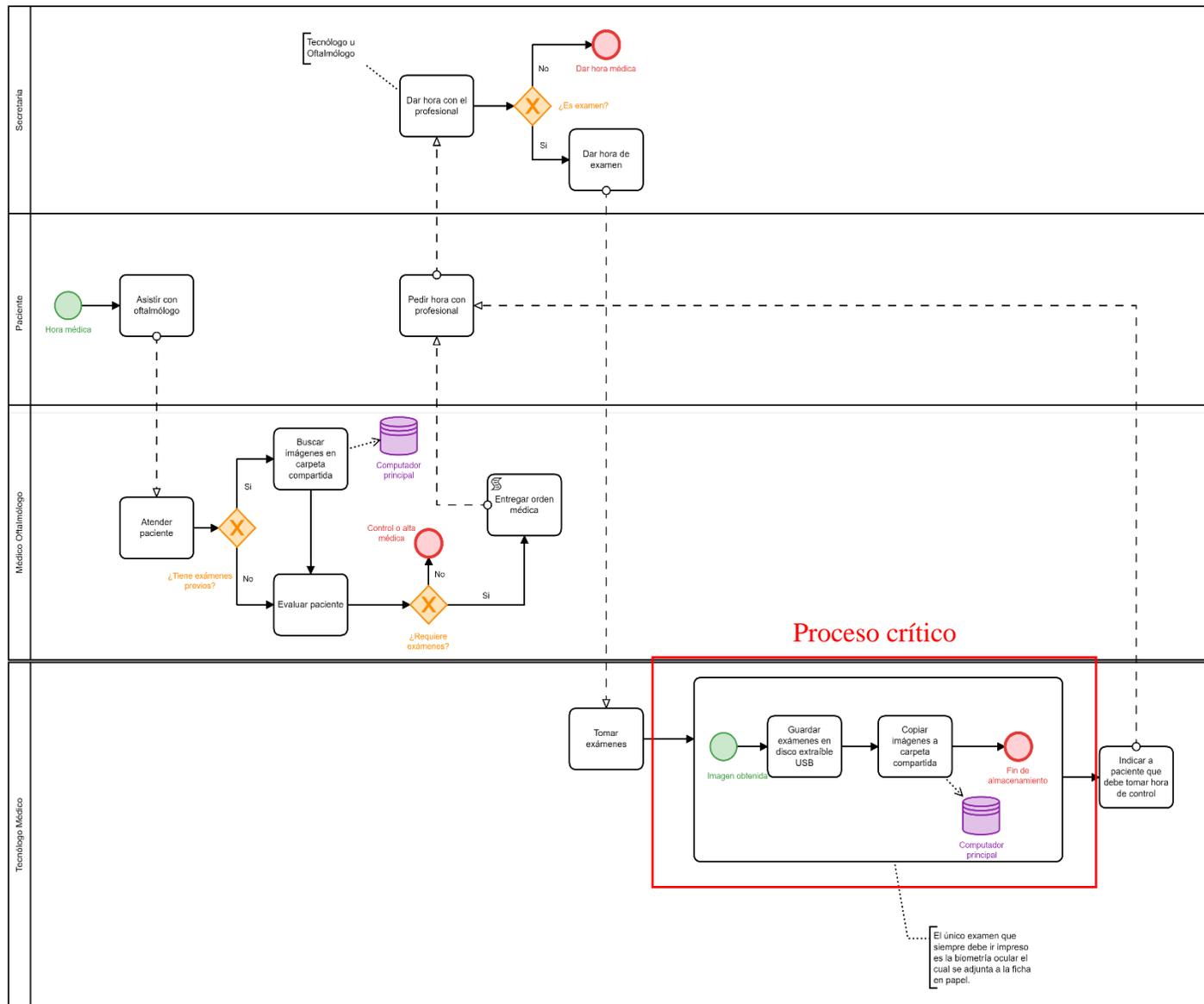
Cuando el paciente llega nuevamente a su control médico, el oftalmólogo debe buscar por el rut en la carpeta compartida del computador principal para visualizar las imágenes médicas. El diagrama de flujo refleja los actores y sus procesos durante la realización del examen.

Con el desarrollo del diagrama BPMN se pudo identificar los puntos críticos que dañan la seguridad e información de los pacientes y sus exámenes, además de entorpecer el trabajo de las tecnólogas médicas.

**a) Notación general de diagrama BPMN 2.0**



**Figura 6.** Notación diagrama BPMN 2.0. Fuente: elaboración propia.



**Figura 7.** Esquema BPMN del flujo actual de trabajo en el Servicio de Oftalmología del HSJ para el almacenamiento y consulta de imágenes.

Los puntos que generan un riesgo en el almacenamiento de datos y exámenes del proceso descrito con anterioridad son los siguientes:

- Guardar los exámenes en un disco extraíble USB: Esta acción vulnera la seguridad tanto del *hardware* como los datos de los pacientes, debido a que se guarda la información desde un computador a otro, arrastrando posibles amenazas como virus que puedan infectar a otros computadores. Por otra parte, la información de los exámenes puede extraviarse debido a este constante intercambio de imágenes desde un computador a otro, lo que también induce a la inexactitud del almacenamiento, guardando exámenes con datos erróneos.
- Transferencia de información desde el disco extraíble USB al computador: Esto genera una disminución de la velocidad y tiempo de disponibilidad de un examen, puesto que implica una descarga de archivo, luego copiar y abrir el archivo desde otro computador.
- Uso de carpeta compartida: Esta herramienta genera una vulnerabilidad de la seguridad de la información. Según la configuración que ésta tenga, es posible que un usuario malicioso pueda acceder a esta información, incluso si la carpeta compartida tiene permisos restringidos. La accesibilidad de los datos también se pierde en este punto, dado que si el equipo que aloja esta carpeta no se encuentra disponible (no tiene internet, está apagado o simplemente dejó de funcionar) no tendrán acceso a la información. Por otra parte, la fiabilidad se ve afectada dado que puede existir corrupción de los datos durante la transmisión o almacenamiento de la información.
- Almacenamiento en un único computador: Esta situación genera un almacenamiento muy limitado de exámenes, ya que el computador no posee características de un servidor, lo que con el tiempo generará disminución del disco duro y enlentecimiento del procesador, afectando la disponibilidad de exámenes.

#### 4.1.2 Recursos tecnológicos, infraestructura y puntos críticos en la unidad.

##### Equipos Oftalmológicos (Modalidades)

Luego de realizar el levantamiento de información, se detallan las características tanto de los equipos oftalmológicos como de la infraestructura de los boxes de oftalmología, de tal manera que se puedan evaluar los recursos disponibles para el proyecto. Para ello, se realizó un listado con los equipos oftalmológicos, su acceso a internet y tipo de imagen a exportar.

Modalidad	Modelo/Marca	Imagen 2D/3D	Formato exportación (archivo)	Tamaño imagen (c/u)	Configuración DICOM
Microscopio especular	SP-1P/Topcon	Si/No	JPG, PNG	2 – 3 Mb	Si
Angiógrafo ocular (*)	TRC 50EX/Topcon	Si/No	JPG	2 – 3 Mb	No
Tomógrafo de coherencia óptica	Spectralis/Heidelberg Engineering	Si/Si	JPG, BMP, E2E, AVI	2 – 3 Mb	Si
Biómetro ocular (*)	AI-Scan/Nidek	Si/No	JPG	2 – 3 Mb	Si
Campo visual computarizado (*)	Serie 50/Zeiss	No/No	Papel impreso	2 – 3 Mb	No
Campo visual de Goldmann	Sin dato	No/No	Papel dibujado	2 – 3 Mb	No
Topógrafo corneal	CA 800/Topcon	Si/No	JPG	2 – 3 Mb	Si
Campo visual computarizado (**)	Analyzer III/Zeiss	Si/No	JPG, TIF	2 – 3 Mb	Si
Biómetro ocular (**)	Anterior/Heidelberg Engineering	Si/Si	JPG, BMP, E2E, AVI	2 – 3 Mb	Si

**Tabla 5:** Equipos tecnológicos disponibles en la unidad de Oftalmología del Hospital San José (HSJ). Los equipos que se encuentran en (\*) no se encontraban operativos (desde julio 2022), los cuales están siendo reemplazados en arriendo por los equipos que están con (\*\*), donde aún no se sabe si serán los definitivos. A pesar de este inconveniente, los últimos dos equipos son más modernos por lo que siguen el mismo flujo de trabajo que el resto de las modalidades.

La mayoría de los equipos disponen de la configuración para exportar las imágenes en formato DICOM, sin embargo, solo uno de los equipos tiene conexión a internet.

En cuanto a los exámenes de oftalmología, a diferencia de radiología, entregan reportes. Estos reportes por lo general traen mediciones que son relevantes para el oftalmólogo, por lo que una imagen por sí sola no agrega valor al diagnóstico, con excepción de la angiografía retinal, ya que solo cuenta con las imágenes sin descripción alguna.

### **Formato de imágenes**

La disponibilidad de imágenes en general es en formato JPG, debido a la extracción del reporte. Cada imagen pesa entre 2 a 3 MB, pero la cantidad de imágenes varía según examen, por ejemplo, la mayoría de los reportes son solo dos imágenes (una del ojo derecho y otra del ojo izquierdo) mientras que una angiografía retinal puede contener más de 27 imágenes en total (considerando 3 MB por cada imagen, sería un total de 81 MB por el total de imágenes del examen) o la tomografía de coherencia óptica puede tener alrededor de 10 imágenes en total (30 MB).

Cabe destacar que el formato JPG es uno de los formatos más utilizados, siendo una extensión del JPEG (*Joint Photographic Experts Group*). Tanto las cámaras digitales como páginas web usan este tipo de extensión, ya que la compresión de los datos es más pequeña en este tipo de archivos. El JPG usa *lossy compression*, donde se ha realizado el proceso de compresión pero que tiene la consecuencia de degradar la calidad de la imagen, además de ser irreversible (28, 29).

A diferencia del JPG, TIF es un formato que utiliza *lossless*, proceso reversible de compresión y descompresión sin que los datos resultantes hayan sufrido algún tipo de degradación o pérdida de calidad (29). Otro formato que existe es el PNG, que reemplaza al GIF. Este tipo de archivos son un poco más pequeños que la compresión LZW (un tipo de *lossless compression*) que en TIF o GIF, pero el formato PNG es un poco más lento para leer o escribir. Sin embargo, PNG es otra buena opción para mantener la calidad de la imagen con *lossless* (28).

En la tabla 5 se muestra que la mayoría de los equipos tienen exportación tipo JPG. A diferencia de la especialidad de radiología, en oftalmología se basa mucho en reportes con las imágenes adjuntas, ya que el equipo realiza un análisis y diversas mediciones tras la toma del examen.

También influye la marca del equipo, por ejemplo, en el caso de *Heidelberg Engineering* tiene su *software* de visualización de exámenes llamado HEYEX y HEYEX2, el cual tiene su propio formato de imagen con alta resolución (E2E) y permite la exportación en formato AVI en caso de requerir todas las tomas de la imagen. Sin embargo, para el reporte se selecciona una sola imagen y solo existe la opción de exportar en JPG o mapa de bits. Los equipos más antiguos solo tienen la opción de exportar en JPG, así como lo es el angiógrafo retinal, sin embargo, este equipo ya no se encuentra disponible y no se sabe cuándo tendrán un nuevo equipo de reemplazo. El campo visual computarizado más antiguo, es un reporte que contiene datos, pero no imágenes, por lo que no requiere una gran definición de sus resultados, sin embargo, este último tampoco se encuentra disponible y el equipo nuevo tiene la opción de configuración DICOM, aunque también permite la exportación de la imagen en formato TIF. Finalmente, el equipo que tiene otro formato diferente al JPG es el microscopio especular, el cual sería conveniente exportarlo en PNG, aunque se necesita el reporte con la imagen más que la imagen por sí sola.

Bajo ese contexto, podemos indicar que el formato JPG a pesar de tener un tipo de compresión *lossy* (a diferencia del PNG y TIF que tienen *lossless*) que baja la calidad de la imagen, no trae inconvenientes para la visualización del examen, ya que la gran mayoría de los exámenes oftalmológicos son del tipo reporte, con excepción de la angiografía retinal el cual se sugiere que sea exportado en formato PNG o TIF.

Es necesario mencionar que, a diferencia de radiología, los oftalmólogos no realizan un informe diagnóstico del paciente ya que son ellos mismos quienes evalúan el examen y por lo general no requieren ser evaluados por otra especialidad (con algunas excepciones).

### **Infraestructura de la unidad y puntos críticos**

La unidad consta de 2 boxes de atención, el box 5 y el box 6. En el box 6 se encuentra el campo visual computarizado, el campo visual de Goldman, el biómetro ocular, el microscopio especular y de red, el cual va conectado a una estación de trabajo (computador). La red eléctrica está normalizada, sin embargo, se debe recurrir a una extensión eléctrica para conectar el resto de los equipos. El box 5 consta del tomógrafo de coherencia óptica y el angiógrafo retinal. Existen tres puntos de red para dos estaciones de trabajo y otro para el tomógrafo. La red eléctrica está normalizada, sin embargo, se debe recurrir a una extensión eléctrica para conectar

los equipos. Los puntos críticos encontrados en esta sección fueron:

- Insuficiente cantidad de puntos de red: para facilitar la exportación de las imágenes médicas y usar a futuro el módulo DICOM de cada equipo, es necesario disponer de puntos de red para conectar cada equipo a internet, de lo contrario, se deberán copiar y exportar las imágenes a las estaciones de trabajo que tengan internet.
- Extensiones eléctricas: lo ideal es establecer conexiones seguras para garantizar la protección del funcionamiento de los equipos ante caídas de voltaje.

### 4.1.3 Construcción de requerimientos del sistema propuesto

Para considerar si el software ofrecido es adecuado para la implementación en el servicio de Oftalmología del HSJ, se establecieron requerimientos ideales para el sistema en conjunto con las tecnologías médicas.

#### a) Requerimientos funcionales

A continuación, se exponen los requerimientos del software.

Código	Requerimiento	¿Synapse cumple?
R1	El sistema debe tener acceso con un usuario y contraseña para revisar los exámenes	X
R2	El sistema debe tener acceso tanto dentro como fuera de la red hospitalaria	X
R3	El sistema debe contar con un visualizador de imágenes oftalmológicas que se encuentre asociado al PACS	X
R4	El sistema debe permitir la edición de las imágenes (como contraste, brillo, zoom, entre otros)	X
R5	El sistema debe ser capaz de mostrar varias imágenes en paralelo	X
R6	El sistema debe permitir la conexión de las modalidades para subir las imágenes médicas	X
R7	El sistema debe ser capaz de crear usuarios	X
R8	El sistema debe ser capaz de eliminar imágenes/estudios asociados al paciente	X
R9	El sistema debe contar con filtros de búsqueda como datos demográficos, tipo de examen y/o estudio	X

**Tabla 6.** Nueve requerimientos funcionales mínimos del piloto.

## b) Requerimientos no funcionales

Código	Requerimiento	¿Synapse Cumple?
R1	El tiempo de aprendizaje del sistema por usuario debe ser menor a 2 horas	X
R2	El sistema debe contar con manuales de usuario para consultar sobre su uso	X
R3	El sistema debe contar con una unidad de soporte y mesa de ayuda	X
R4	El sistema debe poseer una gráfica atractiva	X
R5	El sistema debe cumplir con las leyes de seguridad y protección de datos personales	X
R6	El sistema debe ser capaz de tener las imágenes médicas disponibles dentro de los primeros 30 segundos	X

**Tabla 7.** Seis requerimientos no funcionales mínimos del piloto.

En general, los elementos básicos para satisfacer las necesidades propuestas se encuentran disponibles en la plataforma *Synapse*.

## 4.2 Recursos humanos, nivel organizacional y tecnológicos de la unidad

### 4.2.1 Modelo estructural: *Human, Organizational and Technology-fit* (HOT-Fit)

Luego de haber obtenido el levantamiento de información, se analizaron y consideraron todos los elementos mencionados en los puntos anteriores para evaluar la factibilidad del proyecto como tal. Bajo esta perspectiva, se consideraron los 3 grandes ámbitos: Tecnología, Humano y Organización (27).

#### *Humano*

Se abarcan diferentes dimensiones en este punto, vale decir, el desarrollo del sistema, el uso del sistema y la satisfacción usuaria. En la situación actual se puede mencionar que no existe un desarrollo como tal de la forma en que se comparten los exámenes, ya que en sí no es un “sistema”, sino que es una forma de compartir archivos sin ningún tipo de restricciones, mantenciones o seguridad, lo que tampoco se acerca a lo que es un *software*.

Actualmente los profesionales de la salud quienes operan los equipos son 4 tecnólogas médicas y se disponen de 12 oftalmólogos (con diferente cantidad de horas contratadas). Es importante considerar a los usuarios, ya que el proceso actual no requiere conocimientos específicos en computación, pero al menos se debe tener un conocimiento de *Windows* nivel usuario.

Por lo tanto, es importante que, dada la implementación del visualizador, las personas tengan la disposición de aprender y usar un nuevo sistema, y así sea más fácil adaptarse a su uso.

La percepción de la satisfacción usuaria del proceso actual del sistema es que la mayoría expresa una incomodidad e insatisfacción sobre la forma de trabajar, debido a los problemas planteados anteriormente. Sin embargo, es la única herramienta disponible por el momento, por lo que se acepta de manera “resignada” como solución momentánea. En la tabla 8 se resumen dimensiones y hallazgos del ámbito humano.

Dimensión	Hallazgos
<b>Desarrollo del sistema</b>	La carpeta compartida no posee desarrollo como tal
<b>Usabilidad del sistema</b>	En la metodología actual no se requieren conocimientos previos para usar el sistema
	No es eficiente ni eficaz
	No es una herramienta tan útil, pero es lo disponible
<b>Satisfacción usuaria</b>	Los usuarios se conforman con el procedimiento, pero no hay satisfacción del sistema.

**Tabla 8.** Dimensiones y hallazgos del ámbito humano.

### *Organización*

La estructura organizacional consiste en el tipo, cultura, jerarquía, entre otros. Por ende, es importante conocer al encargado o líder y a su equipo colaborador, de tal manera que se puedan identificar los *stakeholders* para el proyecto. Los involucrados en este proyecto están de acuerdo con la nueva propuesta, los cuales involucra al jefe de informática del SSMN, jefe de informática del HSJ, al proveedor de *Synapse* (Timed) y encargado de integraciones de éste, jefe de la unidad de oftalmología del HSJ y al equipo de tecnología médica del HSJ.

El ambiente es una dimensión que involucra el desarrollo de la aplicación, tanto las fuentes o recursos que permiten su existencia como la regulación gubernamental de éste. En la situación actual, no se cuenta con ninguno de estos puntos, sin embargo, para el sistema propuesto del uso del PACS hospitalario está auspiciado por el SSMN y autorizado por la unidad de informática de la misma entidad, por lo que el apoyo de financiamiento ya se encuentra disposición.

La tabla 9 alude a la evaluación de los elementos organizacionales a considerar para la implementación.

Dimensión	Hallazgos
Estructura	Hay un acuerdo en la división de las tareas y competencias
Ambiente	Hay financiamiento y regulación para el proyecto a evaluar (propuesta)
	Buena disposición y comunicación con <i>stakeholders</i>

**Tabla 10.** Dimensiones y hallazgos de los elementos organizacionales.

### *Tecnología*

En general, la calidad del sistema puede ser evaluado en diferentes ámbitos como, facilidad de uso o facilidad para aprender a utilizar el sistema, eficiencia, fiabilidad, entre otros. La metodología actual del proceso significa para el tecnólogo médico realizar un doble trabajo, donde debe ingresar los datos del paciente en cada equipo y a su vez, traspasar la información al dispositivo USB para crear la carpeta en el computador del box 5. Es importante mencionar que “el sistema” no está siempre disponible, dado que depende de un solo computador para que las imágenes sean revisadas, por ende, en caso de falla o falta de almacenamiento, no habrá acceso directo a los exámenes de los pacientes. A pesar de que, en sí, este sistema no requiere de un aprendizaje relevante, dificulta el trabajo debido a que no se subirán de manera inmediata los exámenes o bien, puede existir error al guardar las imágenes porque depende fuertemente del trabajo manual. Por otra parte, tampoco existe una estructura como tal para el almacenamiento de los exámenes oftalmológicos, solo son imágenes que se deben buscar entre carpetas en red, lo que suma a una manipulación no autorizada y no controlada para cualquier persona que tenga acceso, vulnerando la privacidad de los datos. En general, la percepción de los usuarios respecto a este método de trabajo es inadecuado tanto en el proceso como en la seguridad de los datos del paciente.

En la tabla 8 se muestra la evaluación general en la situación actual de los elementos asociados a la tecnología.

Dimensión	Hallazgos
<b>Calidad del sistema</b>	La metodología es relativamente fácil de usar
	Hay acceso limitado a la carpeta compartida (disponibilidad)
	No hay módulos para usar el sistema
	No se puede integrar a ningún sistema
	Tiene accesibilidad solo cuando el computador esté disponible en red
<b>Calidad de información</b>	Los datos traspasados dependen del proceso manual del operador
	No hay datos asociados al examen del paciente
	La información no siempre está disponible a tiempo
	La información no siempre está clara
<b>Calidad de servicio</b>	No existe soporte para su funcionamiento
	No hay mantenciones por parte de informática local

**Tabla 8.** Dimensiones y hallazgos del ámbito Tecnología en el proceso actual de subida de exámenes oftalmológicos.

#### *Beneficios*

Considerando los puntos anteriores, cabe destacar que los elementos de la organización contribuyen a la viabilidad del proyecto, dado que existe apoyo y financiamiento para el uso del PACS del Hospital con el propósito de visualizar los exámenes oftalmológicos en red.

Por otra parte, los *stakeholders* están a disposición para trabajar en esta nueva modalidad y reprocesar los flujos de trabajo para obtener mejores resultados.

## 4.3 Propuesta del modelo: la nueva forma de almacenar imágenes

### Arquitectura y sistema de almacenamiento de imágenes oftalmológicas.

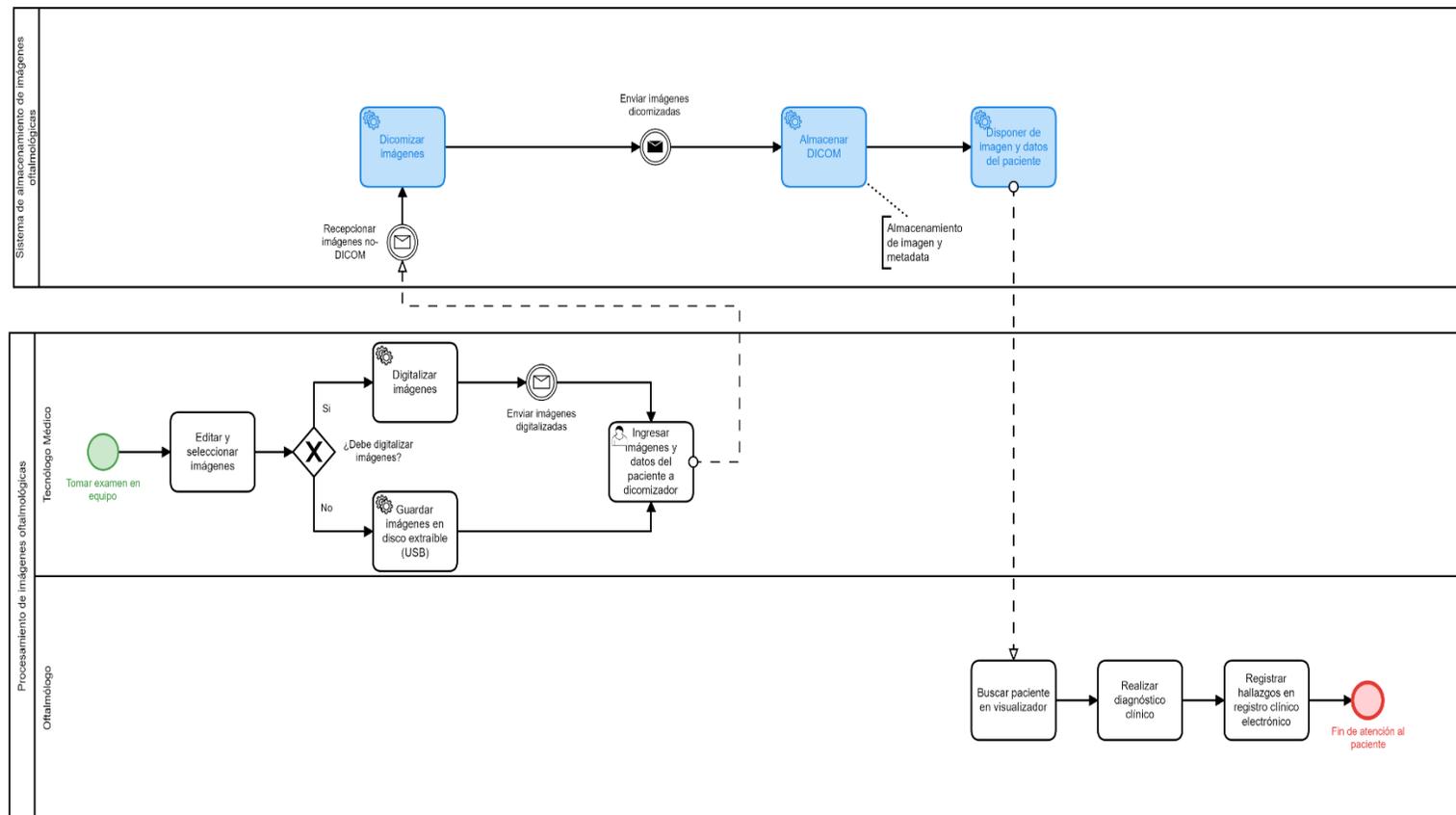
Luego de haber obtenido el levantamiento de información, se procedió a entablar conversaciones en primera instancia con el jefe de la unidad de informática del HSJ, el cual accede a que las imágenes oftalmológicas sean subidas al PACS del HSJ. Para ello, nos contactamos con el proveedor de *Synapse* quien nos otorgó las credenciales de conexión al PACS. Para poder subir las imágenes se instaló en las estaciones de trabajo con internet el *software open source Ginkgo CADx* para dicomizar las imágenes, debido a que los equipos no tienen conexión a internet. Esta solución es momentánea, mientras se aprueba la habilitación de puntos de red para cada modalidad.

Este modelamiento se basó en los casos de uso descritos en el anexo 1.

El *software* fue configurado por el proveedor para comunicarse al PACS, con el propósito de subir las imágenes con el estándar.

A raíz de lo anterior, se consideró para el nuevo flujo los siguientes elementos:

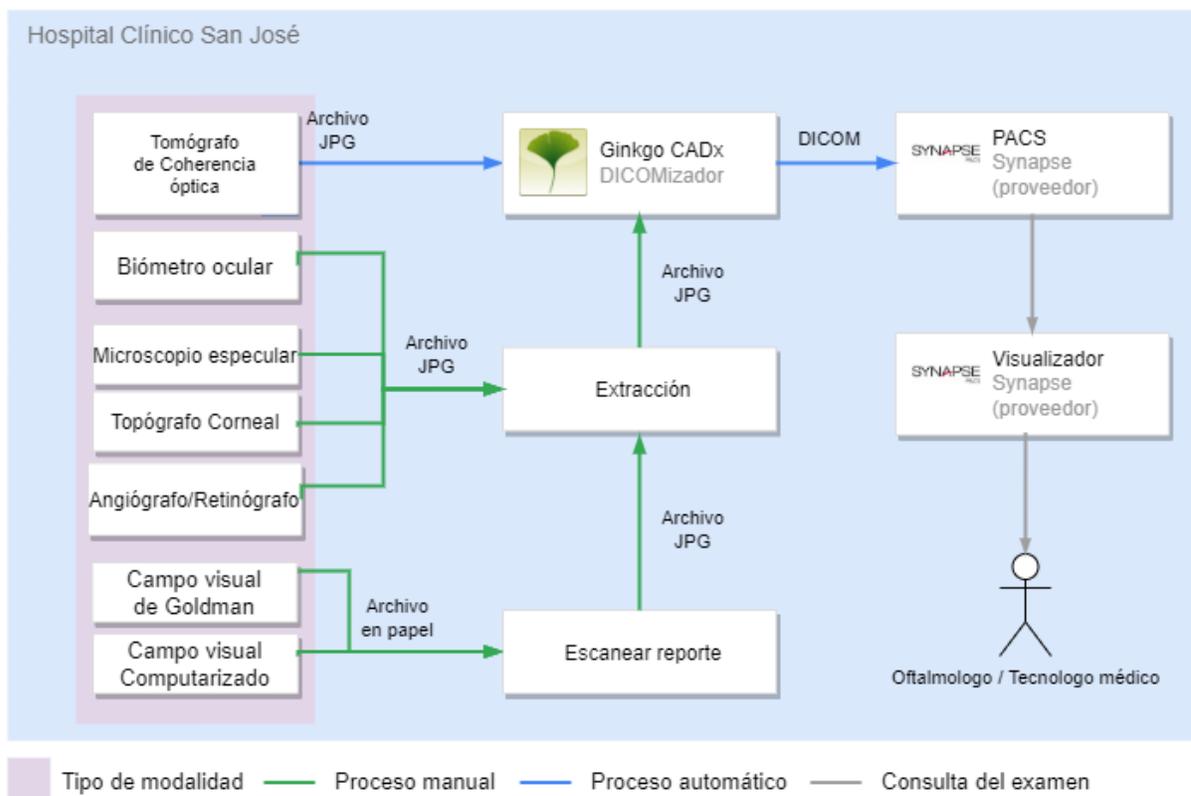
- i) Dicomización de las imágenes oftalmológicas con *software Ginkgo CADx*.
- ii) Visualización de las imágenes médicas en plataforma de *Synapse* ([www.ssmn.cl/synapse](http://www.ssmn.cl/synapse) clic en “Visualizador Hospitales”).
- iii) Verificar que la integración del visualizador PACS se encuentre disponible en el registro clínico electrónico del HSJ.



**Figura 8.** Proceso propuesto para el almacenamiento de imágenes oftalmológicas en el PACS del HSJ. Se considera la preparación, digitalización y traspaso de imágenes (Tecnólogo Médico), revisión de exámenes en el visualizador (Oftalmólogo), dicomización de las imágenes (*Ginkgo CADx*) y almacenamiento y distribución de las imágenes (proveedor *Synapse – PACS*).

Según lo expuesto en la figura 8, el tecnólogo médico realiza el registro del paciente en el equipo correspondiente. Luego, toma las imágenes necesarias al paciente según lo indicado en la orden médica. Una vez realizado el examen, el tecnólogo médico debe transmitir las imágenes desde el disco extraíble USB al *software Ginkgo CADx* que se encuentra en 3 computadores de los boxes (exceptuando el computador del tomógrafo, que envía directamente las imágenes desde su computador). Para los equipos más antiguos como el Campo Visual Computarizado y de Goldman, se deben tomar las fotografías del examen y enviarlas por correo para poder subirlas a *Ginkgo CADx*. Finalmente, las imágenes son dicomizadas y enviadas al PACS de *Synapse*. Por otra parte, el oftalmólogo podrá revisar directamente en el visualizador web de *Synapse* las imágenes del paciente o bien, a través del registro clínico electrónico se encontrará el hipervínculo que lo redirige a los exámenes del paciente.

La figura 9 muestra la arquitectura propuesta para el proceso de almacenamiento de las imágenes oftalmológicas, en donde cada modalidad genera sus imágenes, las cuales son dicomizadas y finalmente revisadas por el profesional de la salud.



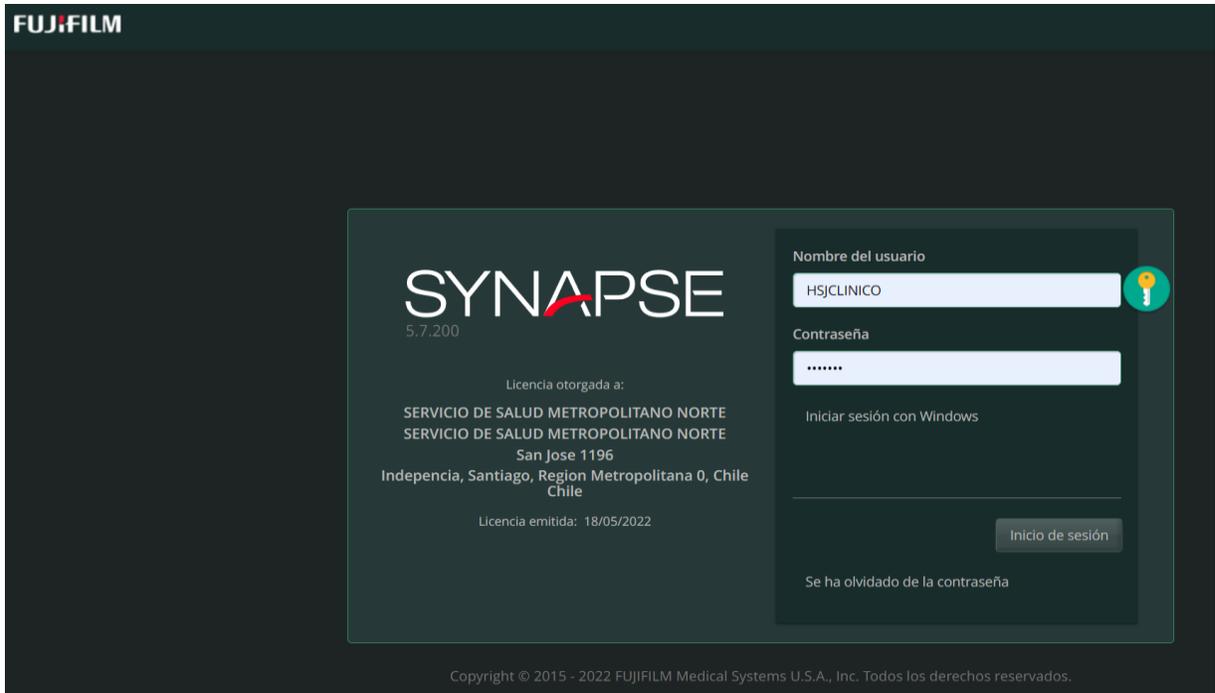
**Figura 9.** Arquitectura propuesta para el almacenamiento y gestión de imágenes oftalmológicas.

1) Se disponen de 7 modalidades que generan imágenes médicas, 2) las imágenes pueden ir directamente a dicomizador *Ginkgo CADx* (Tomógrafo), son transferidas hacia el dicomizador con el proceso manual (disco extraíble o correo), 3) *Ginkgo CADx* dicomiza las imágenes enviándolas al PACS de *Synapse*, 4) las imágenes médicas se encuentran disponibles para su visualización en la página web de *Synapse*.

En cuanto a la falla de los equipos (angiógrafo retinal, biómetro ocular, campo visual computarizado), la arquitectura propuesta resultó ser un balance positivo y exitoso, ya que los equipos en reemplazo al tener tecnología más actualizada, siguieron el mismo curso de dicomización de las imágenes sin ningún tipo de inconveniente (por ejemplo, el campo visual computarizado ya no requiere de impresión a papel). Con lo anterior, se demuestra que el modelo es transversal para este tipo de imprevistos e incluso para implementarlo en otros establecimientos de salud, permitiendo a futuro instaurar este nuevo flujo de trabajo facilitando el traspaso de las imágenes oftalmológicas al PACS independiente de los equipos que posean, siendo más eficiente la conexión directa del equipo oftalmológico con configuración DICOM al PACS hospitalario.

#### **4.3.1 Implementación del nuevo sistema: uso de Ginkgo CADx y PACS Synapse**

El sistema de implementación se llevó a cabo en el HSJ. Se instaló el *software* convertidor de imágenes JPG a DICOM en 3 computadores disponibles con internet. Se les enseñó a las tecnólogas médicas cómo usar el *software Ginkgo CADx* para subir imágenes, donde se acordó colocar el rut sin puntos (dado que en *Synapse* ya se encuentra de esa manera) y con guion, nombre y ambos apellidos, fecha de nacimiento, sexo, descripción del estudio y serie según corresponda, vale decir, estudio es el motivo de la realización del examen (por ejemplo, Glaucoma) y serie los procedimientos a realizar con las abreviaturas asignadas (ejemplo, OCT). Por otra parte, se solicitaron las credenciales del PACS para conectar el *software* al servidor. Una vez configurado, se realizaron pruebas de comunicación subiendo imágenes de pacientes ficticios. Finalmente, se programó una capacitación para el uso del sistema tanto para tecnólogos médicos como para los oftalmólogos. Una vez realizado este proceso, se procedió a subir las imágenes de los pacientes en la primera semana de enero del 2022.



**Figura 10.** Página de inicio donde se piden las credenciales del visualizador de imágenes del SSMN, *Synapse*. Fuente: *Synapse*.

En la figura 10 se observa la página de inicio de *Synapse*, donde solicita las credenciales de ingreso.

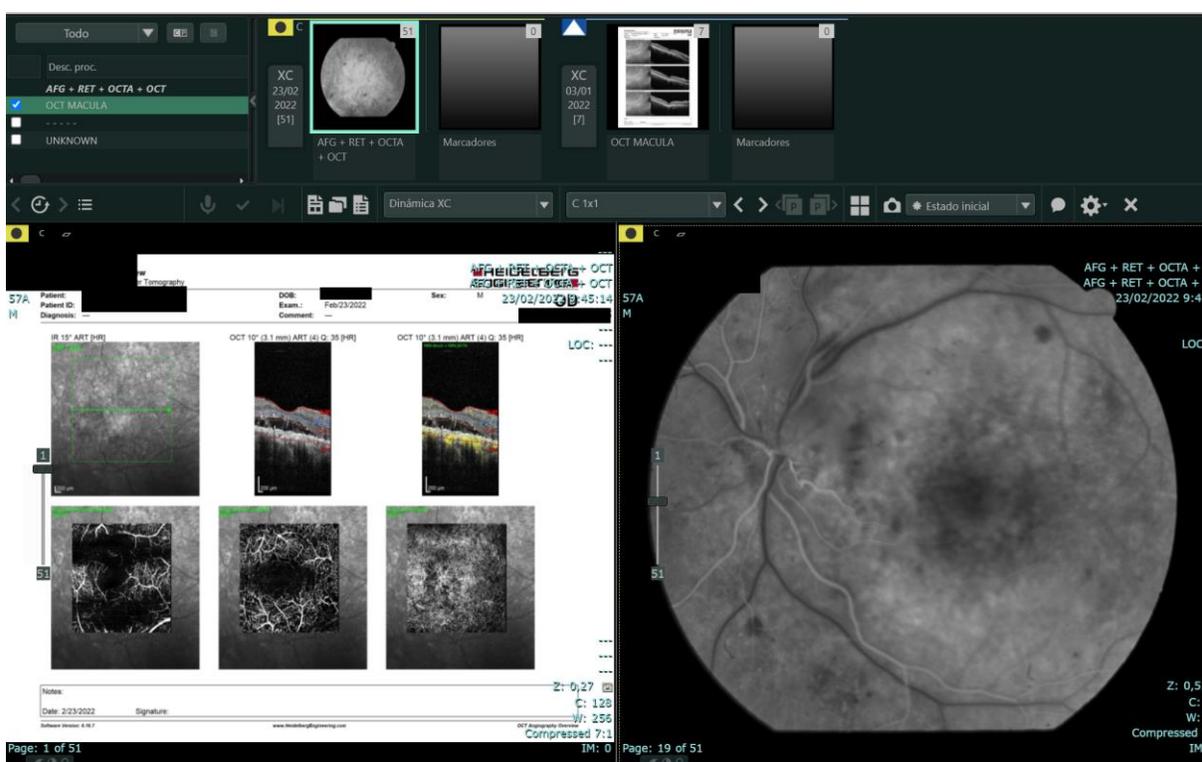
En la siguiente figura, se muestra la interfaz una vez ingresado a *Synapse*.

ID de paciente	Nombre paciente	Desc. proc.	Nº acceso	Hora/Fecha de Estudio dd/mm/yyyy	Modalidad	E
		AFG		25/04/2022 12:30:47	XC	C
		OCT MACULAR		25/04/2022 17:22:31	XC	C
		OCT MACULAR		23/03/2022 17:16:19	XC	C
		OCT MACULAR		10/01/2022 11:49:53	XC	C
		OCT MACULA+NERVIO		27/12/2021 15:51:10	XC	C
		CVC		27/12/2021 13:46:04	XC	C
		OCT MACULA+NO		11/07/2022 10:00:32	XC	C
		OCT MACULA		07/02/2022 9:59:54	XC	C
		CTA+PAQUI		06/07/2022 11:51:49	XC	C
		OCT MACULA NERVIO		06/07/2022 9:14:30	XC	C
		CVC		06/07/2022 13:14:10	XC	C
		OCT		02/06/2022 9:41:40	XC	C
		ECOB		02/06/2022 10:54:08	XC	C
		BIO + ME		20/12/2021 12:23:47	XC	C

**Figura 11.** Listado de exámenes disponibles en los estudios de Oftalmología.

En la figura 11 se observa el visualizador, a la izquierda se dejó una lista de trabajo para los estudios de oftalmología, los cuales muestra el ID del paciente (rut), nombre del paciente, descripción, número de acceso y hora/fecha de estudio. La modalidad no fue identificada por el *software*, por lo que su valor por defecto es XC.

Luego, al seleccionar un paciente, disponemos de un visualizador donde podemos ver todos los estudios disponibles para ese paciente en particular. En la figura 12, se muestra un paciente que se realizó un conjunto de exámenes en febrero del 2022, mientras que tenía un OCT de Mácula en enero del 2022.



**Figura 12.** Examen de ejemplo de un paciente del HSJ en visualizador Synapse. El de la izquierda es un OCT, mientras que a la derecha se ve una AFG, ambos tomados en febrero del 2022. Los datos del paciente han sido ocultos por la privacidad de los datos.

Cabe destacar que las tecnólogas médicas dejaron de depender de un solo computador para compartir las imágenes. Por otra parte, los oftalmólogos y las UAPOs tienen acceso desde cualquier computador que tenga internet (dentro o fuera de la red MINSAL) para visualizar las imágenes médicas. También es posible comparar las imágenes simultáneamente, vale decir, se pueden ver de dos o más imágenes, pueden editar el contraste o brillo, ver los datos de los

pacientes, ver exámenes anteriores e incluso ver todas las imágenes asociadas del paciente que no sean de oftalmología. Algo muy importante es que, además, las tecnólogas médicas estaban solicitando una memoria externa para poder guardar las imágenes de los pacientes, pero al utilizar este nuevo sistema implementado en el SSMN esta solicitud ya no fue necesaria.

Esto ha sido un gran avance puesto que se hizo un cambio drástico desde el papel, Compact Disc o USB a guardar las imágenes en un repositorio ordenado y estandarizado que permite la visualización de todos los exámenes del paciente en la red asistencial del área norte de Santiago. Además, permitirá la mejora continua del nuevo sistema implementado, ya que cuando cada equipo de oftalmología que cuente con internet traspasará directamente sus imágenes al PACS con su configuración DICOM, y así realizar el almacenamiento de los exámenes del paciente. Además, cada equipo nuevo que llegue a la unidad seguirá el mismo flujo de trabajo, por lo que no modificará la implementación ya realizada.

Es necesario mencionar que se solicitó la instalación de nuevos puntos de red al área de informática y también, se pidió que revisaran la integración de *Synapse* con el RCE hospitalario, por lo que este requerimiento depende solamente de la respuesta del SSMN.

Finalmente, el resultado de la implementación conllevó a utilizar el visualizador del RIS del HSJ, sin embargo, en oftalmología no existe un sistema de información como tal para realizar gestión y/o administración de los pacientes, por ende, la información enviada desde *Ginkgo CADx* va directamente al PACS, de tal manera que una parte del flujo de trabajo sigue en pie: los pacientes se agendan directamente en el RCE, pero no poseen mayor información detallada más que los datos personales y el examen a realizar. Estos exámenes no tienen un número de orden asignado, ya que la orden es realizada en papel por el oftalmólogo.

#### **4.3.2 Propuesta de interoperabilidad con recursos FHIR**

##### **Antecedentes**

Actualmente el registro clínico del HSJ se integra con el sistema de radiología *Radiology Information System* (RIS) de *Synapse* a través de una mensajería de HL7 Versión 2 (V2), vale decir, la ficha clínica realiza una petición al RIS donde llega un mensaje del tipo *Order Message* (ORM), y, en consecuencia, se genera una nueva cita en el RIS. Luego se obtiene el paso de

“arribar al paciente”, que es el momento donde el paciente llega al examen. Una vez que finaliza el estudio, se envía un mensaje del tipo *Detail Financial Transaction* (DFT) hacia el registro clínico, al momento en que el examen se encuentra realizado. En una segunda instancia, se envía otro mensaje del tipo *Observation Result Unsolicited* (ORU), en el instante que el informe radiológico se encuentra disponible.

En síntesis, existen 3 puntos de integración entre el RCE y el RIS:

1. La solicitud desde el RCE al RIS
2. Finalización del estudio
3. Finalización del informe

Dado que se usa HL7 V2 no existe un servidor HL7 ya que este proceso se trata de un envío de mensajería a través de interfaces que facilita la comunicación. Para realizar las consultas se utiliza como “*identifier*” (ID) el rut del paciente, por lo tanto, es el único elemento de validación de los datos del paciente.

Por tanto, la propuesta con HL7 FHIR tiene como propósito tener un modelo de implementación en cuanto a interoperabilidad y con el estándar DICOM, de manera práctica y amigable, para reducir el tiempo de la curva de aprendizaje para realizar este tipo de proyectos.

#### **a) Creación del conjunto mínimo de datos**

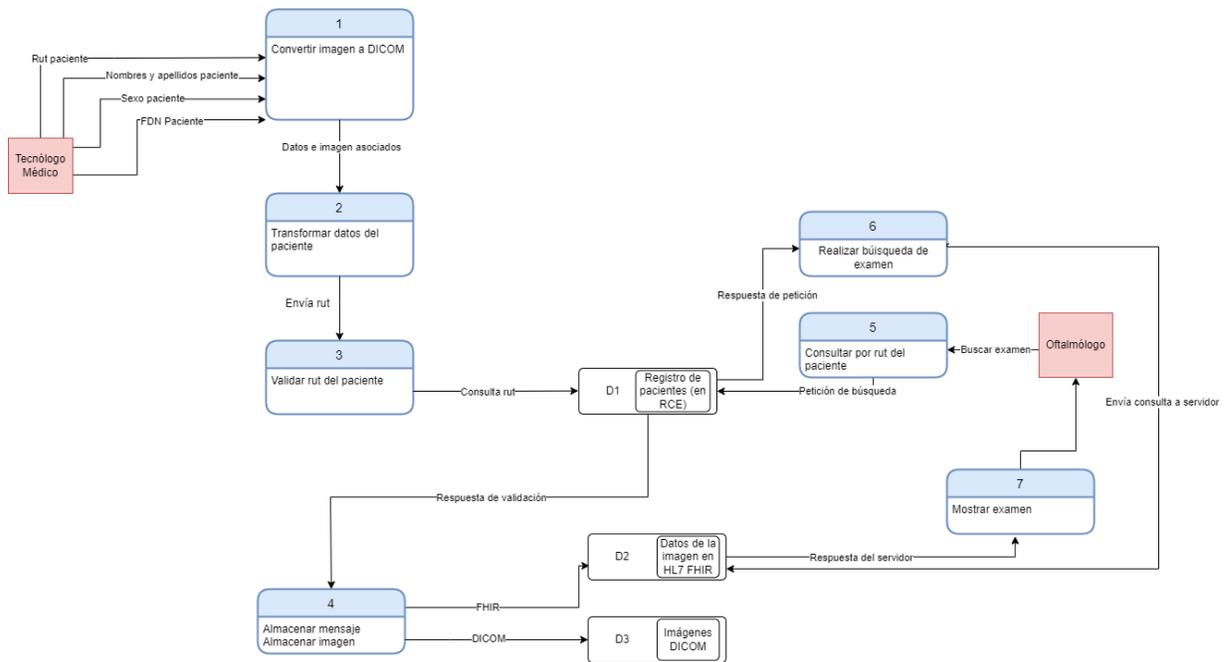
Para plantear un modelo de interoperabilidad con HL7 FHIR, se trabajó con la metodología propuesta por el CENS (20). Para ello, primero se debe construir el conjunto mínimo de datos (CMD), la cual se muestra en la tabla 11.

Data Item Name	Description	Cardinality	Data Type	Values
Identifier	Tipo de código para identificar al paciente	1..1	Varchar	
Name	Nombre del paciente	1..*	Varchar	
Last Name	Apellido paterno y materno	1..1	Varchar	
Birthdate	Fecha de nacimiento	1..1	Date	
Gender	Sexo	1..1	Varchar	
Category	Tipo de examen	0..1	Code	Social-history, vitalsigns, imagin, laboratory, procedure, survey, exam, therapy
Test performed date and time	Fecha y tiempo que fue tomado el examen	0..1	Datetime	
Test name	Nombre y código del examen	1..1	CodeableConcept	SNOMED CT
ImagingStudy	Imágenes asociadas al estudio	0..*	Reference	

**Tabla 11.** Conjunto Mínimo de Datos. Provee los detalles de manera ordenada de las reglas de negocio y las propiedades de los datos, para facilitar la identificación de la estructura de la mensajería HL7 FHIR.

### b) Modelamiento del proceso de Interoperabilidad

En la figura 13 podemos visualizar el flujo de los datos para la propuesta de interoperabilidad y cómo se relacionan con las entidades mencionadas anteriormente. Este flujo comienza desde que el tecnólogo médico escribe los datos del paciente en el software de *Ginkgo CADx*, el cual convierte la imagen de JPG, TIF o PNG en formato DICOM con los datos ingresados. Las variables de interés en primera instancia son: rut del paciente, nombres y apellidos, sexo y fecha de nacimiento (FDN). Una vez ingresado, estos datos son enviados a *Mirth* el cual se encargó de la validación de los datos descritos anteriormente. Para este proceso, *Mirth* realizó una consulta a la base de datos creada en *PostgreSQL* (que simuló ser el RCE) buscando la coincidencia exacta de las variables de interés. Si los datos coinciden con la base de datos, el filtro permite que el flujo continúe, vale decir, el mensaje sería almacenado en el servidor PACS y FHIR, de lo contrario, el flujo no continuará en los siguientes pasos.



**Figura 13.** Propuesta de flujo de datos de nivel 2 para arquitectura descrita.

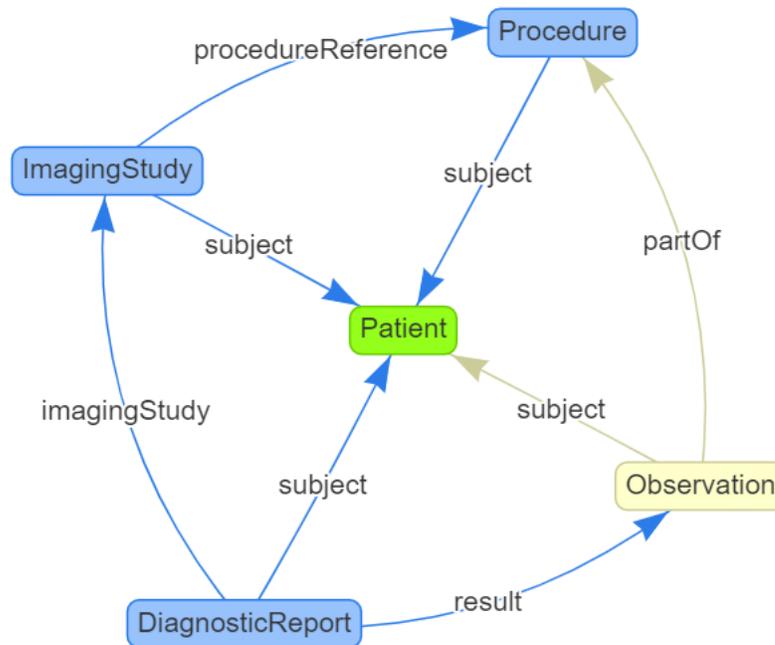
### c) Diseño de estándares e interoperabilidad

Luego de haber definido el CMD, se debe realizar un mapeo del modelo de información de HL7 FHIR en cuanto al recurso a utilizar y sus elementos. En la tabla 12 se encuentran los mismos aspectos descritos anteriormente, identificando los recursos y elementos que constituyen estos ítems.

Modelo de Información		HL7 FHIR	
Data Item Name	Description	Resource	Resource/Element
<b>Identifier</b>	Código para identificar al paciente (rut)	Patient	Patient.identifier
<b>Name</b>	Nombre del paciente	Patient	Patient.name.given
<b>Last Name</b>	Apellido paterno/materno	Patient	Patient.name.extension
<b>Birthdate</b>	Fecha de nacimiento	Patient	Patient.birthDate
<b>Gender</b>	Sexo	Patient	Patient.gender
<b>Category</b>	Tipo de examen	Observation	Observation.category
<b>Test Performed Date and Time</b>	Fecha y tiempo en que fue tomado el examen	Procedure	Procedure.performed.dateTime
<b>Test Name</b>	Nombre y código del examen	Procedure	Procedure.code
<b>Imaging Study</b>	Imágenes asociadas al estudio	ImagingStudy	ImagingStudy.procedureCode
<b>Diagnostic Report</b>	Referencia al examen	DiagnosticReport	DiagnosticReport.ImagingStudy

**Tabla 12.** Mapeo entre el CMD y recursos/elementos FHIR.

Para tener una manera más gráfica del contenido de la tabla 12, se pueden crear representaciones y así ver los recursos y sus elementos con los cuales se relacionan.



**Figura 14.** Representación de los recursos FHIR y la interacción entre ellos a través de sus elementos, para poder construir el *bundle* de datos de la mensajería HL7.

En la figura 14 podemos ver de manera general cómo se relacionan estos recursos. Los recursos mapeados en primera instancia fueron: *Patient*, *Observation*, *Procedure*, *ImagingStudy* y *DiagnosticReport*. Luego de realizar las pruebas, se agregó al *bundle* de datos el recurso *Media*, ya que se asoció el hipervínculo de la imagen a través del servicio Web para acceder a las imágenes llamado WADO (*Web Access to DICOM Persistent Objects*), permitiendo a los usuarios previsualizar y descargar imágenes médicas usando los estándares de los buscadores Web.

Se tuvo en cuenta la definición (según la página oficial de HL7 FHIR<sup>1</sup>) de cada recurso en base a los datos relevantes que se obtuvieron en el CMD:

***Patient***: este recurso incluye todos los datos relacionados con la atención de salud en amplio espectro. *ImagingStudy*, *Procedure*, *DiagnosticReport*, entre otros.

<sup>1</sup> HL7 FHIR resource types. (s. f.). HL7 FHIR Release 4B. <https://hl7.org/fhir/resourcelist.html>

**Observation:** es un elemento central en salud, utilizado para apoyo diagnóstico, monitorización de progresos, entre otros. A diferencia del *DiagnosticReport* que provee un contexto clínico o flujo de trabajo para un conjunto de observaciones, el recurso *Observation* es referenciado por el *DiagnosticReport* para representar datos clínicos y diagnósticos, del laboratorio o imagenológicos para formar un reporte completo. Éste puede ser referenciado por: *ImagingStudy*, *Procedure*, *DiagnosticReport*, entre otros.

**ImagingStudy:** entrega información sobre un estudio imagenológico DICOM, series y objetos de ese estudio. También entrega información sobre cómo se recupera esa información (en DICOM u otro formato como JPEG). Las instancias DICOM no son almacenadas en este recurso, por lo que es necesario utilizar un servidor DICOM WADO-RS u otro mecanismo de almacenamiento. Es referenciado por: *DiagnosticReport* y *Observation*, entre otros.

**DiagnosticReport:** es un conjunto de información que suele proporcionar un servicio diagnóstico cuando los estudios están completos. La información incluye una mezcla de resultados, reportes, imágenes y códigos. Se debe considerar que muchos de los procesos diagnósticos son procedimientos que generar observaciones y reportes diagnósticos. las representaciones de imágenes y media del reporte y las imágenes de apoyo son referenciadas en el *DiagnosticReport*. Puede ser referenciado por: *Procedure*, *ImagingStudy*, entre otros.

**Procedure:** es utilizado para grabar detalles del procedimiento actual o histórico realizado al paciente. Este recurso entrega un resumen de la información sobre el procedimiento realizado. Es referenciado por: *ImagingStudy*, *Observation*, *DiagnosticReport*, entre otros.

**Media:** Es un tipo de *Observation*. Contiene fotos, videos y audios. Este recurso es preferido para representar este tipo de datos. *Media* contiene imágenes médicas como el formato DICOM, aunque también se puede acceder a las imágenes a través de *ImagingStudy*, que provee una referencia directa de la imagen al servidor WADO-RS. Sin embargo, este recurso permite una transferencia sólida de una imagen si el servicio WADO-RS no está disponible. Por este motivo, las imágenes médicas pueden ser representadas en este recurso, a través de *media.content.url* para referenciar la imagen en formato WADO-RS. Es referenciado por *ImagingStudy*, *Observation*, *DiagnosticReport*, entre otros.

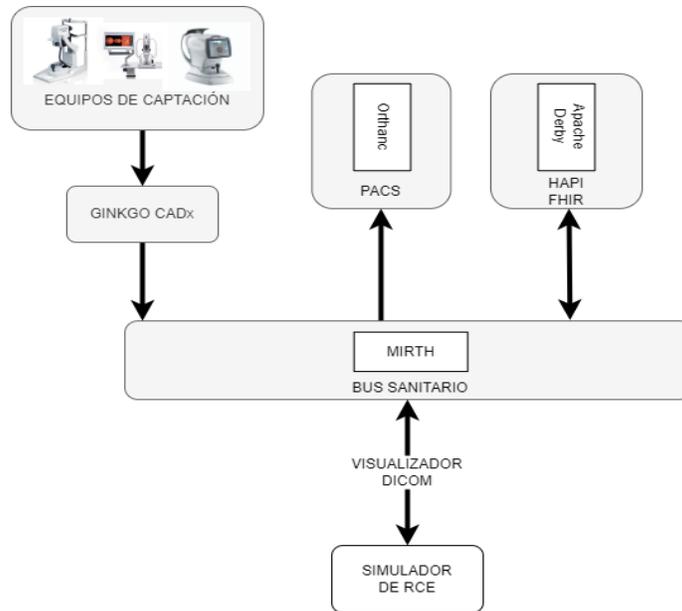
En base a esto, el recurso *Patient* se relaciona con todos los otros recursos para ser referenciado,

dado que contiene toda la información del paciente. El recurso *Observation* referencia a *Procedure* a través del elemento *partOf*, *ImagingStudy* referencia a *Procedure* y *Endpoint*, *DiagnosticReport* referencia a *ImagingStudy* y a *Observation*, y *Media* es referenciado por *DiagnosticReport*.

#### **d) Desarrollo del software – prototipo y pruebas de laboratorio**

Una vez identificado los recursos FHIR, se generó el *bundle* de datos para el envío del mensaje. Básicamente, se propuso una arquitectura donde una vez que sean dicomizadas las imágenes, éstas pasen a través de *Mirth Connect*, motor de integración que permite la interoperabilidad entre diferentes sistemas la cual se basa en un canal para conectar al sistema de interés (en este caso un canal que escucha la mensajería DICOM), en donde su salida son dos terminales: el sistema PACS y el servidor HL7 FHIR. Por ende, la imagen con su metadata se almacenó en el servidor PACS y la información definida en el *bundle* se almacenó en el servidor HL7 FHIR, con el propósito de que esta arquitectura esté disponible para cualquier sistema que desea comunicarse al servidor PACS. Vale decir, en el caso del RCE del HSJ que usa HL7 V.2, podría comunicarse a través de *Mirth Connect* para hacer las consultas respectivas al paciente y traer como respuesta tanto la información del paciente como el url de la imagen del examen.

La siguiente figura muestra la propuesta de arquitectura tecnológica para que ocurra la integración entre las imágenes desde los equipos de oftalmología hasta su visualización en el RCE.



**Figura 15.** Propuesta de integración de imágenes: Arquitectura tecnológica (laboratorio de pruebas).

Las pruebas tuvieron el propósito de diseñar y estandarizar el proceso con la estructura FHIR, las cuales se realizaron de manera local. En primera instancia, se configuraron los canales para *Mirth*, el cual se dividieron en dos: uno hacia el servidor PACS (*Orthanc*) y otro hacia el servidor HL7 FHIR. En la figura 16 se observan los dos canales configurados en *Mirth*.

Status	Destination	Id	
Enabled	DICOM_TO_PACS_S3	1	HTTP Sender
Enabled	DICOM_DATA_TO_FHIR	2	FHIR Sender

**Figura 16.** Configuración de canales PACS y FHIR en *Mirth*.

Luego, se configuraron los transformadores que permitieron extraer la información desde el estándar DICOM hacia HL7 FHIR. Para ello, se definieron los tags relevantes para armar el *bundle* descrito anteriormente. En la tabla 13 se encuentra el listado de los Tag utilizados desde DICOM para construir cada recurso en HL7 FHIR.

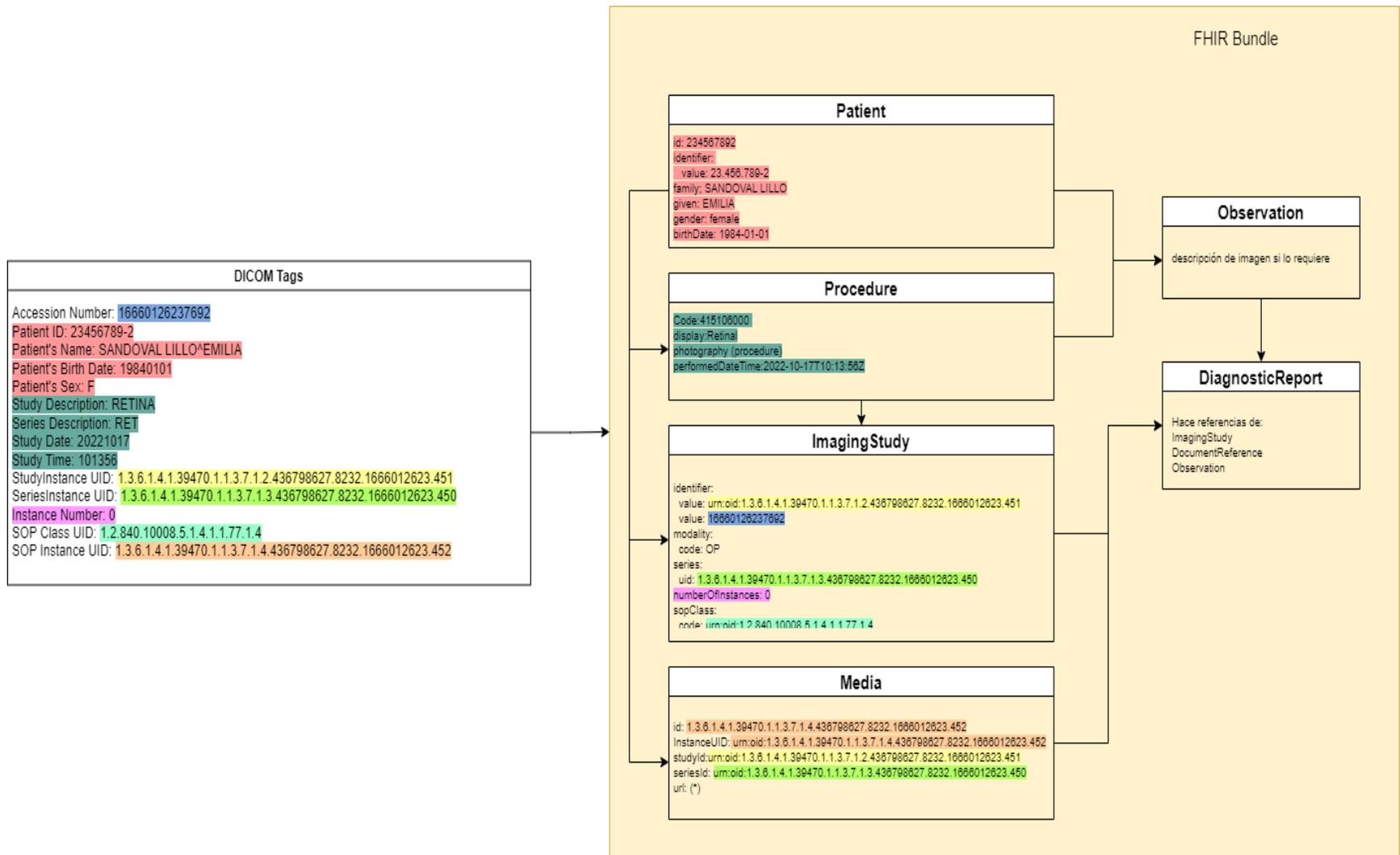
Tag	Descripción
(0010,0020)	Patient ID
(0010,0010)	Patient's Name
(0010,0030)	Patient's Birth Date
(0010,0040)	Patient's Sex
(0008,1030)	Study Description
(0008,103E)	Series Description
(0008,0020)	Study Date
(0008,0030)	Study Time
(0020,000D)	StudyInstance UID
(0020,000E)	SeriesInstance UID
(0020,0013)	Instance Number
(0008,0016)	SOP Class UID
(0008,0018)	SOP Instance UID
(0008, 0050)	AccessionNumber

**Tabla 13.** Tags DICOM utilizados para construir recursos HL7 FHIR.

Con los tags mapeados, se pudo referenciar y extraer la información desde la imagen dicomizada al transformador. En el anexo 2 se adjunta el código para referenciar al *bundle* genérico construido y el anexo 3, se adjunta el código construido para cada recurso con el *bundle* resultante. Además, se consideraron los *identifiers* DICOM. Este estándar específico de los tags de DICOM es relevante porque permite indexar cada recurso único DICOM, como el paciente, estudios, series e instancias. Cabe destacar que *StudyInstanceUID*, *SeriesInstanceUID* y *SOPInstanceUID* son únicos, por lo que no deben repetirse. En el caso particular de *Orthanc*, tiene su propio identificador único (a través del visualizador Osimis).

Sin embargo, puede ocurrir que un paciente, por una situación de emergencia, no es ingresado al sistema de información de tal manera que no tenemos previamente los datos del paciente. En esos casos, el *AccessionNumber* es asociado por la modalidad a la imagen del estudio, por lo que el paciente puede ser ingresado al PACS una vez que los datos estén disponibles<sup>2</sup>. Es por este motivo que, en el *bundle* de datos se utilizó el tag *AccessionNumber* como identificador en el recurso *ImagingStudy*. En la figura 17 se aprecia cómo los tags DICOM fueron utilizados para construir el *bundle* en FHIR.

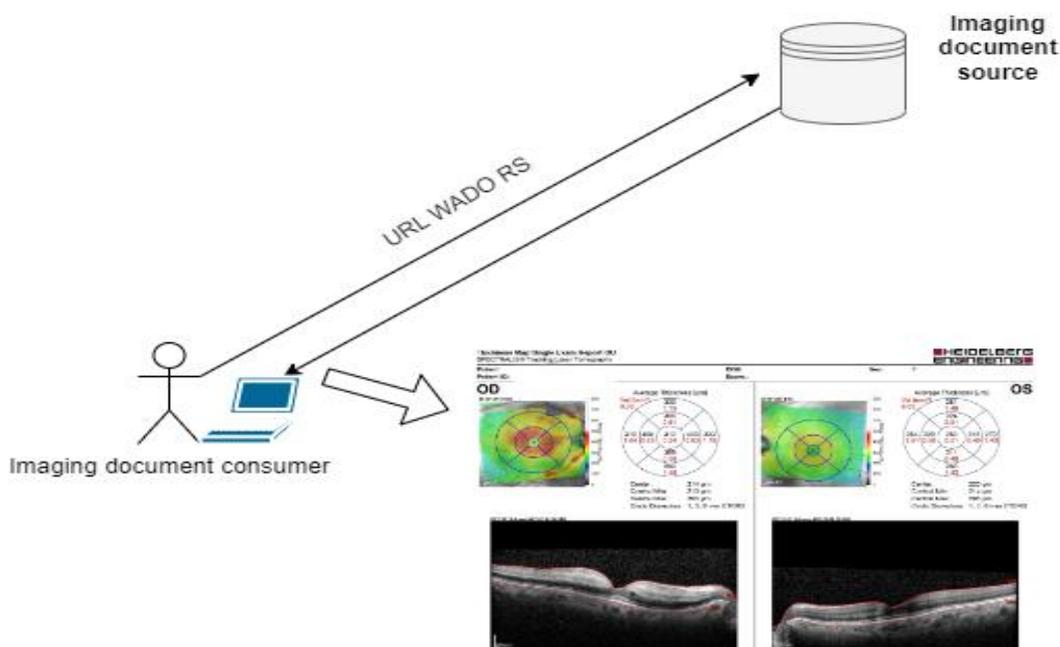
<sup>2</sup> Understanding DICOM with Orthanc — Orthanc Book documentation. (s. f.-b). <https://book.orthanc-server.com/dicom-guide.html>



**Figura 17.** Relación de tags DICOM y los recursos en FHIR. Los colores destacados indican el parámetro utilizado para construir el *bundle*. En (\*) corresponde al url de la imagen el cual se explica más adelante.

Para acceder a la imagen en el visualizador, se construyó la url estándar para WADO-RS, en donde la consulta se realiza a través de un **HTTP GET** que contiene el estudio (*StudyUID*), serie (*SeriesUID*) y la instancia (*SOPInstanceUID*). A continuación, se muestra la url de una prueba realizada (\*) y la figura 18 muestra gráficamente la consulta (URL WADO-RS):

<http://172.27.25.47:8043/wado?studyUID=1.3.6.1.4.1.39470.1.1.3.7.1.2.436798627.8232.166012623.451&seriesUID=1.3.6.1.4.1.39470.1.1.3.7.1.3.436798627.8232.1666012623.450&objectUID=1.3.6.1.4.1.39470.1.1.3.7.1.4.436798627.8232.1666012623.452&requestType=WADO>



**Figura 18.** Diagrama simple del flujo de trabajo para *Web-based Image Access* para la consulta de la imagen con servicio WADO RS.

Si queremos buscar específicamente por el *AccessionNumber* en el servidor PACS, basta con seguir la nomenclatura indicada por el estándar DICOMweb, el cual dispone de diferentes servicios. Para ello, utilizaremos el servicio *Query* para buscar objetos DICOM (QIDO-RS) por ID, que permite buscar estudios, series e instancias por ID del paciente, extrayendo los UIDs a utilizar. En este caso el estándar menciona que debe seguir la siguiente nomenclatura:

`/studies?PatientID=11235813`

Por lo tanto, en Orthanc utilizaremos este mismo concepto, por lo que la url se compone de:

<http://172.27.25.47:8043/dicom-web/studies?AccessionNumber=16660126237692>

Esta consulta a través del método GET, se puede graficar de la siguiente manera:



**Figura 19.** Diagrama simple del flujo de trabajo para *Web-based Image Access* para la consulta de la metadata con servicio QIDO RS.

Como se mencionó anteriormente, no existe un sistema de información en oftalmología que permita la gestión de los datos de los pacientes, por ende, no podemos realizar una búsqueda directa a través del número de orden o *AccessionNumber* en el HSJ, pero sí se puede buscar con los datos otorgados por el recurso *ImagingStudy* o *Media* o directamente en Orthanc. Sin embargo, dado que esta arquitectura es transversal para ser usado, el elemento *AccessionNumber* fue utilizado en el recurso *ImagingStudy* como parte del *identifier*, por lo que, si deseamos realizar la consulta específica de un *AccessionNumber*, el servidor FHIR entregará como respuesta el recurso *ImagingStudy* con toda la información disponible. El siguiente ejemplo muestra la consulta realizada al servidor FHIR a través del método GET.

The screenshot shows a Postman interface for a GET request to the URL `http://172.27.25.49:8080/fhir/ImagingStudy?identifier=16660126237692`. The request is sent, and the response is displayed in JSON format. The response is a list of ImagingStudy objects. The first object has a status of "available" and a modality of "OP". The second object has a status of "available" and a modality of "ACSN".

KEY	VALUE	DESCRIPTION
<input checked="" type="checkbox"/> identifier	16660126237692	
Key	Value	Description

```

33     "use": "usual",
34     "type": {
35       "coding": [
36         {
37           "system": "http://terminology.hl7.org/CodeSystem/v2-0203",
38           "code": "ACSN"
39         }
40       ]
41     },
42     "value": "16660126237692"
43   }
44 ],
45   "status": "available",
46   "modality": [
47     {
48       "system": "http://dicom.nema.org/resources/ontology/DCM",
49       "code": "OP"
50     }

```

**Figura 20.** Búsqueda de la información de la imagen en servidor FHIR por *AccessionNumber* a través de *Postman*.

Se utilizó la interfaz desarrollada y facilitada por el Prof. Dr. Víctor Castañeda para realizar la búsqueda de las imágenes por el *AccessionNumber* en las pruebas locales.

En el caso particular del recurso *Procedure*, se definieron los códigos *Systematized Nomenclature of Medicine* (SNOMED) de oftalmología para los procedimientos realizados en el HSJ, los cuales se describen en las tablas 14 y 15.

Abreviatura	Nombre	SNOMED Code	Descripción
CVC	Campo visual computarizado	252806005	Humphrey perimeter plot
CVG	Campo visual de Goldmann	252807001	Goldmann perimeter plot
OCT	Tomografía de coherencia óptica	392010000	Optical coherence tomography
ECO	Biometría ocular	415038008	Partial coherence interferometry biometry
ME	Microscopia especular	252829002	Corneal specular microscopy
TOPO	Topografía corneal	415106000	Disk-based topography
RET	Retinografía	282096008	Retinal photography
AGF	Angiografía retinal	252820206	Angiography of posterior segment of eye using fluorescein

**Tabla 14.** Códigos *Systematized Nomenclature of Medicine* (SNOMED) para los procedimientos realizados en Oftalmología que tienen codificación en el Fondo Nacional de Salud (FONASA).

Abreviatura	Nombre	SNOMED Code	Descripción
CVC + OCT	Estudio de glaucoma	86944008	Visual field study
CVG + OCT	Estudio de glaucoma	86944008	Visual field study
OCT + AGF	Estudio de retina	426880003	Digital Imaging of retina
OCT + AGF	Estudio de retina	426880003	Digital Imaging of retina
OCT + RET	Estudio de retina	426880003	Digital Imaging of retina
ECO + ME	Estudio de catarata	19731001	Ultrasound study of eye
AGF + OCT + CVC/CVG	Estudio de retina	426880003	Digital Imaging of retina
ECO + ME + OCT	Estudio de catarata	252820206	Ultrasound study of eye
ECO + ME + CVC	Estudio de catarata	19731001	Ultrasound study of eye
OCT + ECO + ME + CVC	Estudio de catarata	19731001	Ultrasound study of eye

**Tabla 15.** Códigos *Systematized Nomenclature of Medicine* (SNOMED) para los procedimientos realizados en Oftalmología que no tienen codificación en el Fondo Nacional de Salud (FONASA). Se determinó la nomenclatura más similar al conjunto de exámenes realizados en oftalmología, debido a que no tienen una codificación como tal en SNOMED.

Se consideró que el “Estudio” es la causa por la que se realiza más de un examen (por ejemplo, Glaucoma, Catarata, etc.), consensuando el código que más se asemeje para ese estudio. En el caso de que se realice solo un examen, se considera el procedimiento como tal. Por lo tanto, en “Estudio” para *Ginkgo CADx* es el motivo del examen y, para la “Serie” se describen los exámenes que se realizará el paciente, a través de la abreviatura descrita en la tabla. Por ejemplo, si un paciente se realiza solo un CVC, en *Ginkgo* debe escribir en “Estudio” GLAUCOMA (a modo de ejemplo) y en “Serie” CVC, dado que para realizar la codificación a SNOMED solo se considerará la descripción de la “Serie”, pero se escribe también el “Estudio” para dar estructura al examen al buscarla en el visualizador DICOM.

Cabe destacar que oficialmente, los códigos existentes en FONASA para los procedimientos en oftalmología abarcan los exámenes por sí solos, vale decir, CVC, CVG, etc. Sin embargo, los “estudios” no tienen una terminología como tal, por este motivo se llegó a un acuerdo para ver cuál es el código más descriptivo y/o similar al estudio realizado, esto con el objetivo de adaptarse a la forma de trabajo del hospital, ya que lo óptimo es que se ingrese cada procedimiento por separado.

Bajo este contexto, también se utilizó la terminología estándar DICOM *Controlled Terminology Definitions* (D DICOM)<sup>3</sup>, cuyos códigos corresponden a procedimientos u otras definiciones para agregarlas en el recurso *ImagingStudy*. En la siguiente tabla se muestran los códigos utilizados para el recurso:

Abreviatura	Código	Descripción
CVC	OPV	Ophthalmic Visual Field
CVG	OPV	Ophthalmic Visual Field
OCT	OPT	Ophthalmic Visual Field
ECO	111752	Optical
ME	112707	Number of focal planes
TOPO	OPM	Ophthalmic Mapping
RET	OP	Ophthalmic photography
AGF	FA	Fluorescein angiography
Otros	OT	Other Modality

**Tabla 16.** *DICOM Controlled Terminology Definitions*. Códigos utilizados para construir parte del recurso *ImagingStudy*.

**e) Aseguramiento de la calidad: Testeo y pruebas de funcionalidad**

Luego de crear los recursos y armar el *bundle*, se hicieron pruebas de envío tanto para el PACS como para el servidor HL7 FHIR.

En la siguiente figura muestra los campos que se deben completar en *Ginkgo CADx* para transformar la imagen de JPG a DICOM.

<sup>3</sup> D DICOM Controlled Terminology Definitions (Normative). (s. f.).  
[https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/chtml/part16/chapter\\_D.html](https://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/chtml/part16/chapter_D.html)

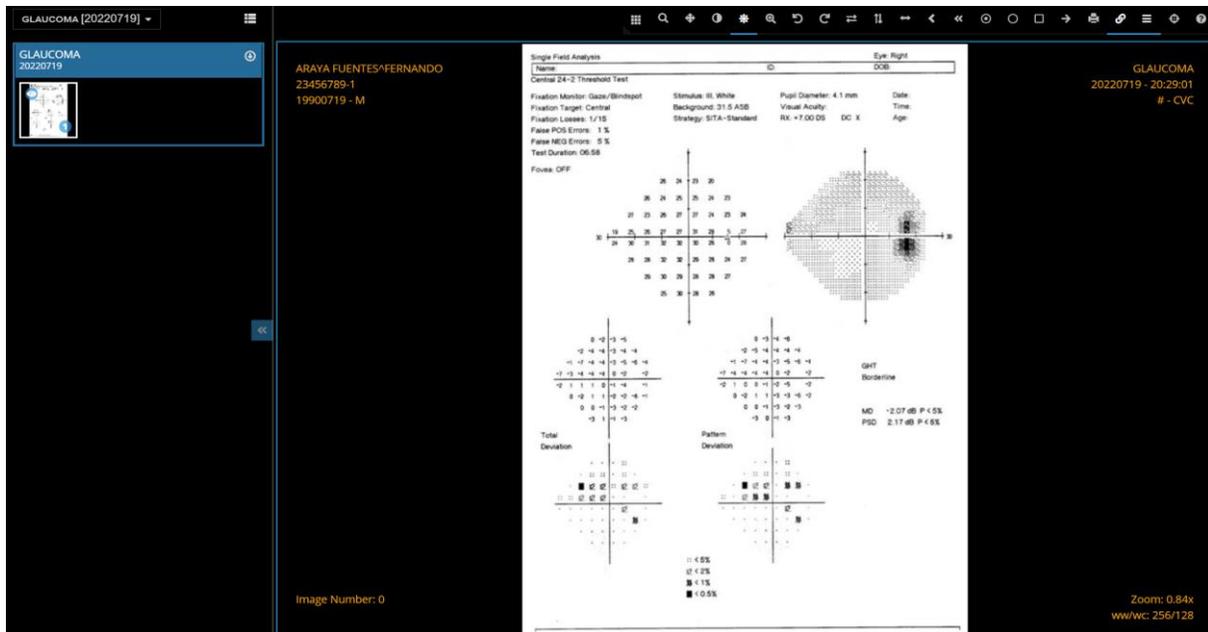
**Figura 21.** Campos demográficos y detalles del estudio a completar con *software Ginkgo CADx*.

Cuando ya se realizó el envío a ambos servidores, siempre y cuando se haya filtrado correctamente la información, *Mirth* muestra el mapeo de la información enviada, la cual se observa en la figura 22.

Scope	Variable	Value
Channel	PatientBirthDate	19900719
Channel	PatientID	23456789-1
Channel	PatientName	ARAYA FUENTES * FERNANDO
Channel	PatientSex	M
Channel	SeriesDescription	CVC
Channel	StudyDate	20220719
Channel	StudyDescription	GLAUCOMA
Channel	StudyID	
Channel	StudyTime	202901
Connector	responseHeaders	{connection=[keep-alive], content-type=[application/json], charset=utf-8, keep-alive=[timeout=1]}
Connector	responseStatusLine	HTTP/1.1 200 OK
Response	d1	SENT

**Figura 22.** Fragmento del mapeo de datos seleccionados desde DICOM a HL7 FHIR.

En la prueba realizada, el mensaje enviado al PACS fue exitoso, el cual se puede ver en el visualizador *Orthanc* la imagen con la *metadata* enviados desde *Ginkgo CADx*. En la figura 23 observamos el visualizador de *Orthanc* para ver la imagen dicomizada y los datos del paciente ficticio.



**Figura 23.** Examen (reporte) de un CVC con datos ficticios enviado desde *Ginkgo CADx* a *Orthanc*.

Se obtuvo el mismo flujo que la implementación realizada en el HSJ, sin embargo, la diferencia es que podemos utilizar HL7 FHIR, el cual es fácil de implementar, es gratuito, flexible, tiene una sólida base en estándares Web (como XML, JSON, HTTP), entre otros beneficios.

### Validación de datos

Por el momento, la única validación existente para los datos del paciente es a través del rut, el cual se consulta al registro clínico del hospital. La validación se pudo observar en la figura 13, la cual fue hecha por *Mirth* en conjunto con un RCE ficticio, creado con una base de datos en *PostgreSQL*, de tal manera que al ingresar los datos al dicomizador permita solo el ingreso exclusivo de exámenes de los pacientes que están en esta base de datos. Si el rut (con el formato definido anteriormente, vale decir, el número más el dígito verificador con guion) no se encuentra en la base de datos, será filtrado por el canal de *Mirth* y no continuará el flujo de datos para ser almacenado en ambos servidores. De lo contrario, el filtro continuará con los siguientes pasos de validación: nombre, apellidos, fecha de nacimiento, vale decir, el dato enviado desde el dicomizador debe coincidir de manera exacta con el dato encontrado, sino el flujo se detendrá. Por ejemplo, la prueba realizada fue con el rut ficticio 23456789-2, cuyo nombre es Emilia González Toro, el filtro verificó que el rut está en la base de datos, luego el nombre, los apellidos y finalmente su fecha de nacimiento. Si alguno de estos datos no coincide,

el mensaje no se procesará y quedará detenido, para este caso el paciente existe en la base de datos por lo que se almacenó en ambos servidores la información de éste. Este filtro fue una manera de “simular” un MPI basado en el algoritmo determinístico, para garantizar que los datos asociados al rut sean correctos y no se ingrese el rut con otros datos. Todo esto es en una primera instancia, debido a que lo ideal es realizar una validación más exacta con un método probabilístico, por ejemplo, a través de un *Master Patient Index* (MPI). En el anexo 5 se muestra un fragmento de la configuración del filtro.

### Propuesta de validación con MPI

El MPI es un índice que es conocido dentro de una misma organización, el cual maneja datos demográficos de cada paciente que recibe atención en salud. El MPI principalmente se trata de un identificador único (UID) que almacena datos como el nombre, fecha de nacimiento, sexo, etc.<sup>4</sup> El MPI está basado en un algoritmo, minimizando valores duplicados y, en consecuencia, disminuyendo la tasa de error del ingreso de nuevos datos.

La implementación de un MPI permite que los datos sean más precisos a través de este UID, facilitando un registro longitudinal y mejorando el acceso de la información del paciente en salud. Basado en los datos recomendados por *American Health Information Management Association* (AHIMA), para este proyecto aplicarían inicialmente los siguientes datos relevantes<sup>5</sup>:

Data	Definición	Data type
Internal patient identification	Identificador primario para facilitar la identificación del paciente en la admisión	Extended composite ID with check digit
Person name	Nombre legal del paciente	Extended person name
Date of birth	YYYY/MM/DD	Time stamp
Gender	Hombre, mujer, desconocido o indeterminado	Coded value
Address	Dirección del paciente	Extended address
Telephone number	Número telefónico	String data

**Tabla 17.** Datos recomendados por AHIMA para construir un MPI. (\*) Data types corresponden a los descritos en *HL7 Application Protocol for Electronic Data Exchange in Healthcare Environments. Versión 2.6. Versión 2 Messaging Standard.*

<sup>4</sup> Good Practices for the Implementation and Management of a National Master Patient Index. (s. f.). mhealth/e-Health Technical Brief. [https://www.measureevaluation.org/resources/publications/fs-15-147/at\\_download/document](https://www.measureevaluation.org/resources/publications/fs-15-147/at_download/document)

<sup>5</sup> AHIMA. "Fundamentals for Building a Master Patient Index/Enterprise Master Patient Index (2010 update)." *Journal of AHIMA* (Updated September 2010).

#### 4.4 Medición de las variables de calidad: el antes y después de la implementación.

Las variables medidas se dividieron en 3 secciones que abarcaron los criterios mencionados en la metodología. Básicamente, se aplicó:

- a) **Ítem I “Percepción de la usabilidad del sistema” (Calidad de estructuras/componentes de aplicaciones informáticas/usabilidad)**
- b) **Ítem II “Eficiencia e información” (Calidad de procesos/simplicidad de las herramientas de procesamiento de la información/información logística)**
- c) **Ítem III “Satisfacción usuaria del sistema” (Calidad de resultados/cumplimiento de expectativas de partes interesadas/expectativas específicas)**

Se enviaron las dos encuestas, un “antes y después” de la implementación, vale decir, cuando se usaba la carpeta compartida en red y luego, cuando ya se usó *Synapse*, basado en los parámetros de calidad mencionados en la metodología.

El total de respuestas por la Unidad de Oftalmología del HSJ fueron de 9 participantes, a pesar de la insistencia, fue bastante difícil tener respuestas por partes de los oftalmólogos. Por lo tanto, de un universo de 16 funcionarios (de oftalmólogos a tecnólogos médicos), respondió solo el 56,25%. Por otra parte, en la encuesta de *Synapse*, se agregaron las 4 UAPOs que usan el sistema para realizar consultas, sin embargo, por la baja cantidad de encuestados y al ser similares sus respuestas a la del hospital, se prefirió dejar solamente a los funcionarios del HSJ.

En el anexo 4 se detalla el formulario que se aplicó a los encuestados, las preguntas fueron las mismas para poder comparar el antes y después de la implementación. Este formulario fue enviado a través de correo electrónico y con la insistencia de las tecnólogas médicas para poder completar las respuestas.

A continuación, se presentan las imágenes de la encuesta aplicada, separadas por sección y comparadas con el antes y después de la implementación.

4.4.1 Resultados del Ítem I “Percepción de la usabilidad del sistema” (Calidad de estructuras/componentes de aplicaciones informáticas/usabilidad)

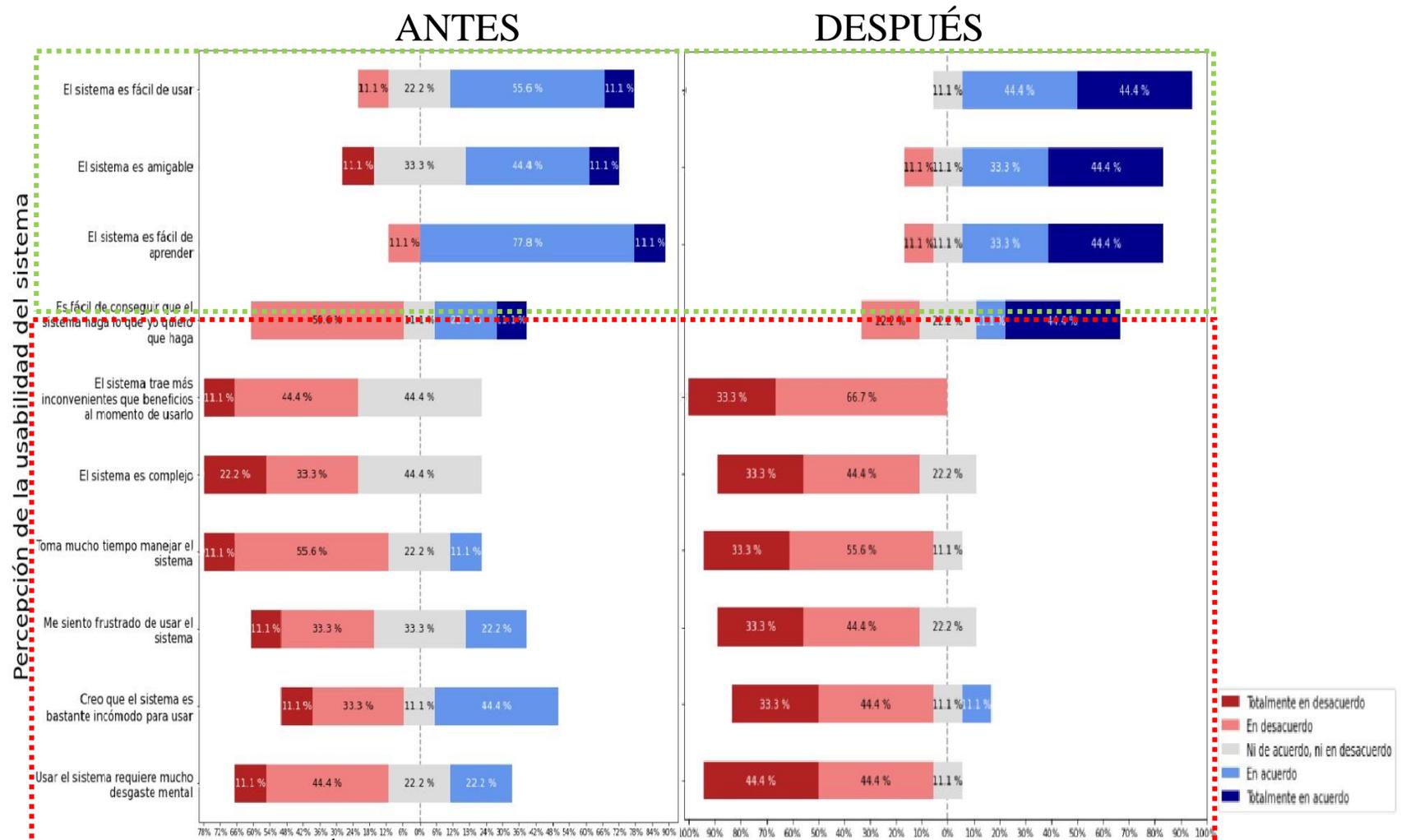


Figura 24. Respuestas de Ítem I, aplicada antes de la implementación (uso de carpeta compartida en red a la izquierda) y después de la implementación (a la derecha).

Para comprender esta sección, se ha dividido las preguntas en dos partes: **el recuadro verde** son las **preguntas de la 1 a la 4** de “facilidad” que aluden a si es el sistema es fácil de usar, es amigable, fácil de aprender y fácil de conseguir las cosas que yo necesito que realice. En cuanto **al recuadro rojo son las preguntas de la 5 a la 10**, abarcando la “complejidad” que tiene el sistema, por ejemplo, si trae más inconvenientes al usarlo, es complejo, toma mucho tiempo en usarlo, si me siento frustrado al usarlo, si es incómodo y si requiere mucho desgaste mental.

El gráfico utilizado es el llamado “*Diverging stacked bar chart*” uno de los más recomendados para graficar escalas de Likert, separando las categorías “positivas” de las “negativas” (30).

Al comparar ambos resultados, de manera general se aprecia en las primeras 4 preguntas que hay un desplazamiento hacia el “acuerdo” después de la implementación. Vale decir, que más usuarios “están de acuerdo” con la “facilidad” del uso del sistema (*Synapse*) en sus distintos ámbitos mencionados anteriormente. En cuanto a porcentaje, podemos observar que antes de la implementación al menos el 66% está de acuerdo que el sistema es fácil de usar, mientras que después de la implementación alcanza un 88%. En cuanto a lo amigable, un 55.5% cree que lo es, mientras que después de la implementación aumenta a un 77.7%. Luego en lo fácil de aprender a usar el sistema, antes de *Synapse* había un 88.9% que estaba de acuerdo con que las carpetas compartidas eran de fácil aprendizaje, curiosamente, luego de la implementación este valor cambia a un 77.7%. Finalmente, si es fácil que el sistema realice lo que necesito que haga, tenemos un 33.3% previo a la implementación que está de acuerdo con este punto mientras que el después, cambia a un 55.5%.

En la segunda sección, podemos ver de manera general que la evaluación respecto a la complejidad del sistema está desplazada hacia la izquierda, aunque después de la implementación se polariza más, manteniendo en algunas preguntas la neutralidad como respuesta.

Resultados del Ítem II “Eficiencia e información” (Calidad de procesos/simplicidad de las herramientas de procesamiento de la información/información logística)

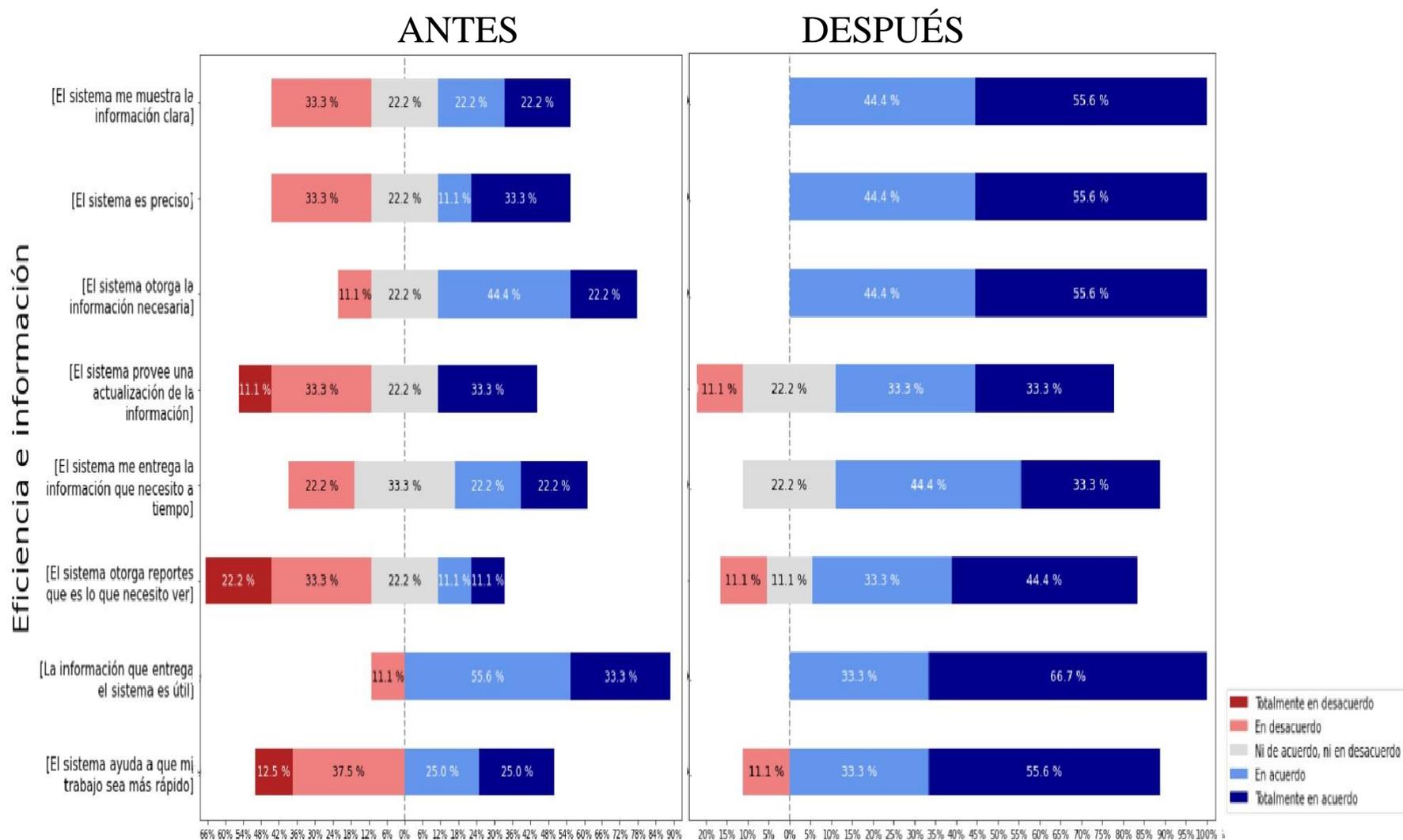


Figura 25. Respuestas Ítem II “Eficiencia e información” antes y después de la implementación.

Se puede evidenciar en la figura 25 que los usuarios manifiestan un mayor “desacuerdo” con la carpeta en red, evaluando si el sistema muestra la información clara, es preciso, da información necesaria, tiene actualización de la información, la información se encuentra a tiempo, entrega reportes que necesito ver, la información es útil y ayuda a que el trabajo sea más rápido.

Cabe destacar la gran diferencia de respuestas tras la implementación, en su mayoría los usuarios están de “acuerdo” con los puntos mencionados anteriormente, disminuyendo la cantidad de “desacuerdos” que había antes de la implementación. Esta sección es la que tuvo mayor cambio, por ejemplo, el 100% de los encuestados cree estar de acuerdo que el visualizador *Synapse* tiene la información clara, precisa y necesaria. Por sobre el 60% cree que el visualizador *Synapse* cree que la información la tiene a tiempo, es la que necesita, es útil, está actualizada y, además, creen que el sistema ayuda a que el trabajo sea más rápido. Por lo tanto, en lo que respecta a eficiencia e información, la implementación tuvo una respuesta bastante satisfactoria.

4.4.2 Resultados del Ítem III “Satisfacción usuaria del sistema” (Calidad de resultados/cumplimiento de expectativas de partes interesadas/expectativas específicas)

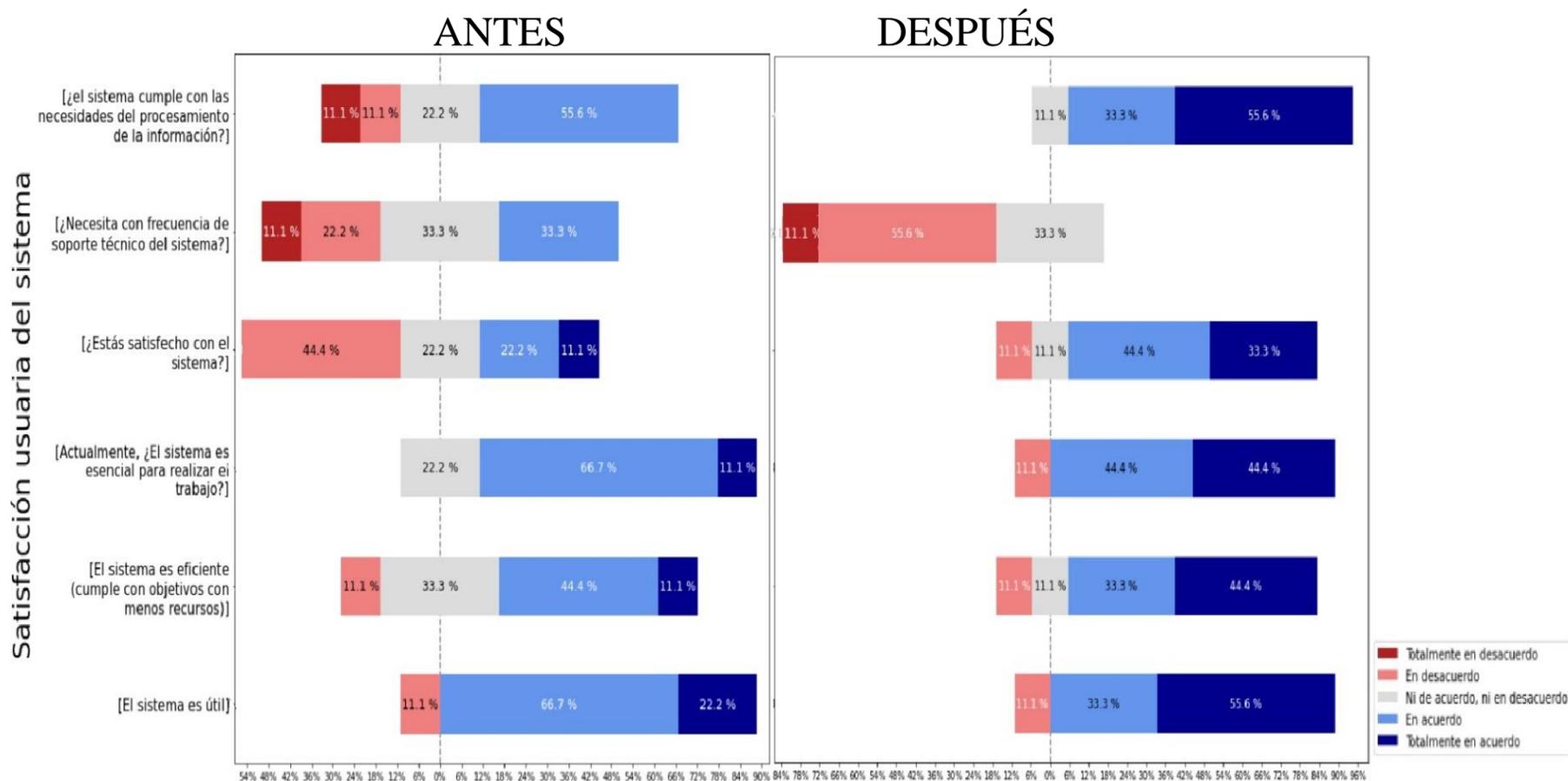


Figura 26. Respuestas Ítem III “Satisfacción usuaria del sistema” antes de la implementación.

Finalmente, la figura 26 tenemos las respuestas en cuanto a la satisfacción usuaria del sistema. Si bien es cierto, a grandes rasgos ambos gráficos se encuentran desplazados hacia la derecha en el horizonte del “acuerdo”, podemos observar claramente que hay una mayor tendencia del acuerdo después de la implementación, donde la mayor parte de los usuarios se encuentran conformes con el sistema según lo evaluado en la encuesta, vale decir, por sobre el 66.6% cree sentirse satisfecho con *Synapse* en las diferentes dimensiones evaluadas.

## CAPITULO V. DISCUSIÓN

El inicio del PACS fue alrededor del año 1982, aunque en 1981 fue la primera vez que se usó el término por el radiólogo cardiovascular *Duerinckx y Pisa* (Arora & Mehta, 2014). Desde entonces, el PACS ha sido un aporte para el almacenamiento de imágenes médicas, ya que en conjunto con la disponibilidad y la constante evolución de la tecnología web, ha permitido, de manera eficiente y a tiempo, la distribución de las imágenes y de sus datos.

Teniendo en cuenta los beneficios del PACS, éstos pudieron ser aprovechados en el lugar donde se realizó la implementación del piloto, considerando toda la información obtenida del lugar y a sus colaboradores, para evaluar la factibilidad del proyecto. Una vez evaluado e iniciado la puesta en marcha del proyecto, se cuantificó el éxito de la implementación a través de parámetros de calidad de los sistemas de información hospitalaria. Además, se realizó una simulación de un sistema PACS con el estándar HL7 FHIR para aportar con una propuesta transversal del prototipo, de tal manera que este modelo pueda ser utilizado en otros lugares que aún no cuentan con este tipo de sistema para almacenar sus imágenes médicas.

Como primer punto, el proyecto cumplió con el objetivo principal, puesto que tras la implementación del uso del PACS en oftalmología, se logró comparar los ámbitos de calidad en estructura, procesos y resultados a través de la encuesta realizada a los usuarios del servicio de oftalmología. La apreciación de los profesionales respecto al nuevo sistema tuvo un efecto positivo, desde su metodología de trabajo hasta la facilidad con la que pudieron utilizar el sistema. Esto es relevante, puesto que generalmente este tipo de usuarios tienen una gran resistencia al cambio, pero a pesar de los inconvenientes que aparecieron durante el proyecto, hasta el día de hoy tanto tecnólogas médicas como oftalmólogos se encuentran satisfechos en la nueva forma de guardar y visualizar los exámenes oftalmológicos.

Durante el levantamiento de información, se evidenció la falta de orden y estandarización del proceso de almacenamiento de imágenes oftalmológicas. A raíz de esto, surgió la necesidad de guardar los exámenes de tal forma que estuvieran disponibles para todos, evitar el uso de un solo computador (que por cierto ya no tenía espacio en el disco duro), disminuir la tasa de error de almacenamiento de exámenes, ser más eficientes durante el proceso y proteger la información hospitalaria de los pacientes. Es necesario mencionar que todo el proyecto se realizó bajo el

apoyo de las partes interesadas (que facilitaron el uso del PACS del Hospital) y, que en conjunto con el análisis de posibles riesgos (puntos críticos), se pudo establecer la viabilidad del proyecto. Esta capacidad para identificar y gestionar efectivamente a las partes interesadas del proyecto, mejoran significativamente las oportunidades de la ejecución del proyecto y su organización (Retfalvi, L. A., 2014).

Sin embargo, uno de los hallazgos que jugó en contra durante esta primera etapa de resultados fue la falta de acceso a internet de los computadores. Este problema generó que el proceso de traspaso de imágenes desde la modalidad al computador (con internet) fuese con un dispositivo USB, por lo que esa tarea seguirá siendo manual y no garantiza que haya una disminución en la tasa de error de almacenamiento de imágenes. Es fundamental, por ende, que la solicitud realizada por la unidad de oftalmología al departamento de informática sea prontamente canalizada, para que permita la comunicación directa de los equipos oftalmológicos al PACS hospitalario.

Cabe destacar que, durante la recopilación de información, se encontró un *software open source* que facilitó la propuesta del modelo. Este *software* dicomizador ya había sido utilizado en otro lugar como en el Hospital Nuestra Señora de Sonsoles, España (Miranda I., 2011) basado en una arquitectura similar en donde las modalidades dicomizan sus imágenes a través de *Gingko CADx* y almacenándolas en el PACS, y a su vez, integrándose al RCE “Jimena”. Otro ejemplo fue la implementación de este sistema en el Hospital de Navarra (Andonegui J., 2010), aunque no menciona el uso del dicomizador. La diferencia con este proyecto es que actualmente los equipos cuentan con la configuración DICOM, lo que una vez comunicando los equipos a internet, ya no será necesario el uso del dicomizador. Otro punto fuerte es que este modelo funcionó tal y como lo explicaron los ejemplos anteriores, por ende, es aplicable de manera transversal a los servicios de oftalmología (y por qué no a otras especialidades), por lo que si existen inconvenientes como los que hubo en el HSJ, vale decir, si llega un equipo nuevo a la unidad, el flujo de trabajo no se verá interrumpido ya que los operadores saben perfectamente cómo funciona la arquitectura de transformar las imágenes al estándar. Finalmente, tras la implementación, se pudieron abandonar ciertas prácticas que entorpecían el flujo de trabajo como imprimir exámenes, grabar los resultados en un CD y depender de un solo computador para guardar las imágenes. Esta nueva forma de almacenar las imágenes en un sistema

estandarizado abrirá paso a cursar con el área de telemedicina y fomentar el diagnóstico, seguimiento y tratamiento de todas aquellas patologías oftalmológicas que no requieren de una cita presencial con el oftalmólogo, desocupando horas médicas y disminuyendo la lista de espera para oftalmología.

A pesar de lo exitoso que pudo haber sido la implementación, un cuestionamiento que puede surgir es el por qué no se había implementado antes si existe literatura sobre este tópico desde el año 2010. Durante esos años, los servicios de oftalmología en el ámbito hospitalario tenían menos recursos tanto humano como en tecnología, por lo que su rendimiento no era el mismo en producción de exámenes y solo se acomodaban con los elementos que disponían para trabajar, aunque este dato no es empírico. Otro factor importante es el desconocimiento por parte de los profesionales de la salud en este tipo de sistemas, ya que incluso para mantener la comodidad del flujo de trabajo, algunos profesionales aún siguen realizando entrega de exámenes en formato papel.

Actualmente, la tecnología de los equipos en oftalmología ha aumentado, no solo en calidad de imagen, sino que también en la comunicación al estándar. Además, con a la alta demanda de pacientes que hay hoy en día y al disponer de más equipos y recursos humanos, la entrega de exámenes en formato papel, CD u otros, retrasa el trabajo de los profesionales. Bajo este contexto, si al menos hay una persona que tenga el conocimiento del estándar DICOM y el sistema PACS, se podrá iniciar el proyecto de implementación de un sistema que facilita el trabajo tanto de los profesionales de la salud como la atención al paciente, siempre y cuando estén los recursos disponibles.

También podemos mencionar que, en el mercado, existen al menos dos empresas que disponen de un PACS y su visualizador de imágenes para oftalmología: FORUM de *Carl Zeiss Meditech* y HEYEX2 de *Heidelberg Engineering*. Sin embargo, la desventaja de ambos es que son de uso exclusivo de sus equipos, por lo que, si una unidad desea implementar el sistema de información para oftalmología, deberá disponer de equipos solamente *Carl Zeiss* o *Heidelberg Engineering*. Esto no es rentable, ya que cada equipo tiene funciones diferentes y no es común que en un centro oftalmológico tengan equipos de una sola marca. Por este motivo, la importancia de este proyecto es establecer una arquitectura transversal que pueda ser utilizado por otros centros que deseen implementar esta nueva metodología de trabajo y lograr el almacenamiento de imágenes

oftalmológicas de manera organizada y estandarizada, independiente de la marca de los equipos que posean.

Aunque se dispuso de los recursos necesarios para implementar el proyecto, existieron algunos puntos críticos que debiesen mejorar para facilitar el trabajo de almacenamiento de las imágenes. El hecho de tener una infraestructura donde no existe acceso a internet en los equipos oftalmológicos es relevante ya que no quita el almacenamiento manual de las imágenes, por lo tanto, el riesgo de cometer errores al guardar el examen puede que no haya disminuido.

También es importante mencionar que un posible fracaso del proyecto es que el proveedor no siga la licitación del hospital y que un nuevo proveedor no dispone el uso del PACS fuera del área de radiología, o bien, no desee dar uso del PACS a otras áreas. Sin embargo, el punto más importante a considerar es la opinión del SSMN ya que ellos son los mandantes para establecer las directrices del uso del sistema actual que dispone el hospital, sin el apoyo de esta entidad por parte de informática, no se podría dar curso a un proyecto de este tipo. En el caso que un hospital no posea un PACS disponible con su visualizador, se sugiere usar esta arquitectura con un PACS *open source* como lo es Orthanc que incluye el visualizador (*plugin*) de sus imágenes, y usar como motor de integración *Mirth Connect* para que pueda comunicarse con otros sistemas, así como se realizó en el laboratorio de pruebas de esta AFE, sin olvidar que se debe buscar el apoyo por parte de informática para realizar la implementación como tal.

Los datos mapeados fueron escogidos en una primera instancia, ya que es lo mínimo que se requiere para oftalmología. Sin embargo, a medida que se vaya fortaleciendo el sistema, se deja la posibilidad de agregar más datos a los recursos FHIR, para completar los recursos según las necesidades que aparezcan según el proyecto a implementar.

Es necesario mencionar la falta de un sistema de información para oftalmología. Esta AFE da el primer paso para desarrollar en un futuro un sistema que se adecúe al trabajo del servicio de oftalmología para complementar de mejor manera los datos usados, así como lo es el uso del *AccessionNumber*, de tal manera que se puedan generar órdenes y tener una gestión y/o administración de los pacientes independiente del RCE, pero por el momento, las imágenes se pueden buscar solo por el rut (en el HSJ). A raíz de lo anterior, también se deja la posibilidad de implementar un MPI, para asegurar que los datos no estén duplicados y el almacenamiento de éstos sea mucho más prolijo.

En relación con los parámetros de calidad, éstos fueron evaluados solo con la percepción de los usuarios en diferentes ámbitos, lo cual permitió tener una visión general de la implementación, sin embargo, la cantidad de respuestas solo alcanzó a la mitad de los profesionales de la salud, por lo que, si hubiesen participado todos, los cambios hubiesen sido más notorios. También sería interesante ver la posibilidad de medir, a través de indicadores, otros parámetros de calidad que permitan evaluar y comparar de manera objetiva este tipo de proyectos, como contrastar los tiempos de trabajo antes y después de la implementación, cantidad de registros perdidos o mal ingresados, entre otros. Dado que este proyecto propone una arquitectura de un sistema para almacenar las imágenes, hay que considerar el uso de éste para nuevas implementaciones. Teniendo en cuenta el concepto de propiedad intelectual a los derechos relativos de descubrimientos científicos, invenciones, entre otros, el proyecto dentro de un marco jurídico de *software*, lo que más se acepta es el derecho de autor como la mejor forma de protección jurídica para programas computacionales, sin embargo, se limita solo a la forma y expresión de las ideas, pero no de las ideas. Para este punto, la protección de la expresión de la idea de *software* debe cumplir ciertos requisitos de las etapas de su desarrollo, y si cumple, se concluye que el programa es protegido cualquiera sea su forma de expresión, lo que sería importante evaluar en esta AFE si cumple con dichos puntos y así proceder con la propiedad intelectual de éste. Por otra parte, podríamos pensar en la licencia *open source* el cual tiene un enfoque colaborativo y puede ser beneficioso para formar una “comunidad”, forjando lazos con diferentes empresas para ir mejorando el código del *software*, sin embargo, una de sus desventajas es que no se podría monetizar y además podría arrastrar vulnerabilidades, lo que no es conveniente si se trata de sistemas que implica tener protección de los datos.

Finalmente, esta AFE pretende apoyar el almacenamiento de las imágenes oftalmológicas, con el propósito de que sea un inicio para fomentar el uso de este tipo de sistemas en otras áreas que no sea exclusivo de radiología.

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

Este trabajo permitió romper la barrera entre la tecnología y los profesionales de la salud, puesto que se logró realizar una implementación que implicó un cambio en la forma de trabajar, el cual sigue siendo controversial en el área de la salud por la resistencia al cambio que aún prevalece en los profesionales. Cabe destacar que el proyecto resultó ser exitoso, pese a los inconvenientes que surgieron durante el transcurso de la implementación y fue posible gracias a la colaboración de las partes interesadas que permitieron el uso de *Synapse* como la nueva forma de almacenar los exámenes oftalmológicos. Vale decir, el manejo de la gestión del cambio con los colaboradores es fundamental para que se pueda desarrollar el proyecto sin fracaso alguno.

Por otra parte, la falta de infraestructura es algo común en los centros hospitalarios. Si se pudiese invertir más en mayor acceso a internet, evitaríamos el uso de un disco extraíble para el envío de las imágenes oftalmológicas. Lo ideal es que el hospital permita la comunicación de los analizadores a internet.

Poseer una arquitectura transversal permitirá realizar un proyecto similar en otros centros, de tal manera que los tecnólogos médicos en oftalmología tengan a disposición un almacenamiento gestionado de las imágenes a través de un servidor y no recurrir a otros medios que no cumplen con estándares de calidad según las dimensiones ya mencionadas.

Tener a disposición un sistema de este tipo, abre las puertas para explorar otras formas de trabajo que permitirán a futuro disminuir la brecha de atención en la especialidad: iniciar la teleoftalmología, tener comunicación en red y manejar las imágenes oftalmológicas con la implementación de inteligencia artificial, algo similar a lo que se usa en radiología.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- 1 Andonegui, J., Serrano, L., & Eguzkiza, A. (s. f.). E-Health Applications in Ophthalmic Diseases. Handbook Of Research on Developments in E-Health And Telemedicine. 1088-1115. <https://doi.org/10.4018/978-1-61520-670-4.ch052>
- 2 Covarrubias, T., Delgado, I., Rojas, D., & Coria, M. (2017). Tamizaje en el diagnóstico y prevalencia de retinopatía diabética en atención primaria. 145(5). <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872017000500002>
- 3 Li, J., Welchowski, T., Schmid, M., Mauschitz, M., Holz, F., & Finger, R. (2019). Prevalence and incidence of age-related macular degeneration in Europe: A systematic review and meta-analysis. 1077-1084. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-314422>
- 4 Arcos, C., & Muñoz, W. (2000). Determinación del rango fisiológico de la PIO matinal en sanos de 40 años y más. Universidad de Chile.
- 5 Schuers, M., Joulakian, M. B., Griffon, N., Pachéco, J., Périgard, C., Watbled, L., Massari, P., & Darmoni, S. J. (s. f.). Quality indicators from laboratory and radiology information systems.
- 6 Telediagnósticos. (2017). Requerimientos de infraestructura, licencia DART (p. 6).
- 7 Gutiérrez Martínez, J., Martínez Martínez, A., Núñez Gaona, M. A., Reyes Marín, B., Delgado Esquerra, R. E., Muñoz de Cote Flores, J. E., & Chávez Avelar, N. (2003). Sistema PACS-CNR, una propuesta tecnológica. Mexican Journal of Biomedical Engineering, 24(1), 77-85. Retrieved from <https://rmib.com.mx/index.php/rmib/article/view/283>
- 8 Herrera-Ramos, E., Bermúdez-Pérez, C., Ojeda Cruz, A., Perdomo-Cabrera, V., González-Rodríguez, J., & García-Pérez, L. et al. (2019). Sistema PACS y su posible aplicación en la gestión de objetos clínicos NO-DICOM (pp. 25-38). Gobierno de Canarias. [https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/83f2c888-b833-11e9-8954-c79d218b7bdf/SESCS\\_2017\\_PACS.pdf](https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/83f2c888-b833-11e9-8954-c79d218b7bdf/SESCS_2017_PACS.pdf)
- 9 H. K. Huang D.Sc., F. (2004). En PACS and Imaging Informatics (Basic Principles and Applications) (pp. 485-508).
- 10 Bordlis, F., & Chavarria, M. (s. f.). Almacenamiento y transmisión de imágenes. PACS. 54-58.

- 11 Wong, A., & Lou, S. L. (2000). Medical Image Archive, Retrieval, and Communication. En Handbook of Medical Imaging (pp. 771-781). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012077790-7/50055-2>
- 12 Gollub, M. J. (s. f.). Picture Archiving and Communication Systems (PACS). PICTURE ARCHIVING AND COMMUNICATION SYSTEMS.
- 13 Figueroa, G. (2005). La Metodología de elaboración de proyectos como una herramienta para el desarrollo cultural (N.º 7). UTEM, FONDART. [http://eprints.rclis.org/6761/1/serie\\_7.pdf](http://eprints.rclis.org/6761/1/serie_7.pdf)
- 14 Sanchis, Raquel, Poler, Raúl, & Ortiz, Ángel. (2009). Técnicas para el Modelado de Procesos de Negocio en Cadenas de Suministro. Información tecnológica, 20(2), 29-40. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642009000200005>
- 15 Deepak Singh is the President and CTO at AccuProcess Inc. (s. f.). 5 Key Benefits of Business Process Modeling. <https://www.modernanalyst.com/Resources/Articles/tabid/115/ID/1728/5-Key-Benefits-of-Business-Process-Modeling.aspx>
- 16 Arias Chaves, M., (2005). La ingeniería de requerimientos y su importancia en el desarrollo de proyectos de software. InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, VI(10), 1-13.
- 17 Pressman, R. S. (s. f.). Ingeniería del Software. Un Enfoque Practico.
- 18 Agency for Healthcare Research and Quality. (s. f.). Use Case. Digital Healthcare Research. <https://digital.ahrq.gov/health-it-tools-and-resources/evaluation-resources/workflow-assessment-health-it-toolkit/all-workflow-tools/use-case>
- 19 HIMSS. (s. f.). Interoperability in Healthcare. <https://www.himss.org/resources/interoperability-healthcare#Part1>
- 20 Guíñez, S. (2021). HL7 FHIR APLICADO CENS Metodología Interoperabilidad.
- 21 Andrade, J. (s. f.). HL7 FHIR CENS: Modelado.
- 22 Lingamallu, K., & Nayakvadi, S. (2017). Role of HIS and RIS in Improving Quality of Patient Care. Public Health, 9(7).
- 23 ter Burg, W. (2010). Strategic Information Management in Hospitals Manuscript 2010 chapter 8.
- 24 Garrido, R., & Donoso, L. (2021). Aspectos ético-legales y ejemplos en el mundo.

- 25 Benussi Díaz, C. (2020). Obligaciones de seguridad en el tratamiento de datos personales en Chile: escenario actual y desafíos regulatorios pendientes. *Revista Chilena De Derecho Y Tecnología*, 9(1), 227–279. <https://doi.org/10.5354/0719-2584.2020.56660>
- 26 Mbonihankuye, S., Nkunzimana, A., & Ndagijimana, A. (2019). Healthcare Data Security Technology: HIPAA Compliance. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2019, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2019/1927495>
- 27 Yusof, M. Mohd., Kuljis, J., Papazafeiropoulou, A., & Stergioulas, L. K. (2008). An evaluation framework for Health Information Systems: Human, organization and technology-fit factors (HOT-fit). *International Journal of Medical Informatics*, 77(6), 386-398. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2007.08.011>
- 28 Image File Formats—JPG, TIF, PNG, GIF Which to use? (s. f.). A few scanning tips. <https://www.scantips.com/basics09.html>
- 29 Castañeda, V. (2021). Introducción a Telemedicina.
- 30 Pirrone, A. (2021). Visualizing Likert Scale Data. <https://medium.com/nightingale/seven-different-ways-to-display-likert-scale-data-d0c1c9a9ad59>