

Universidad de las Ciencias Informáticas
Facultad 7



Aplicación para el registro de
estudios imagenológicos.

Solución para equipos de Oftalmología

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas

Autores: Arelys Rivero Castro
Alejandro Hernández Noguera

Tutores: Ing. Yasmay Gómez Suárez
Ing. Liudmila Sánchez Cruz

Ciudad de La Habana, Junio de 2009

“Año del 50 Aniversario del triunfo de la Revolución”

*La ciencia es una de las formas más elevadas del quehacer espiritual pues
está ligada a la actividad creadora del intelecto, forma suprema de nuestra
condición humana.*

René Gerónimo Favaleiro



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que somos los únicos autores de este trabajo y autorizamos al Grupo de Procesamiento de Imágenes de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos la presente a los 12 días del mes de junio del año 2009.

Autores:

Arellys Rivero Castro

Alejandro Hernández Noguera

Tutores:

Ing. Yasmay Gómez Suárez

Ing. Liudmila Sánchez Cruz

Datos de Contacto

Ing. Yasmay Gómez Suárez (ygomez@uci.cu): Profesor instructor recién graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Imparte la asignatura de Práctica Profesional 1. Ha presentado trabajos en el Evento Uciencia 2008 y se encuentra apoyando de forma directa el despliegue del sistema alas PACS en la República Bolivariana de Venezuela.

Ing. Liudmila Sánchez Cruz (iscruz@uci.cu): Profesora instructor recién graduada de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Se desempeña como jefa de la asignatura de Práctica Profesional en el Polo de Imágenes. Actualmente se encuentra trabajando en el proyecto DMail y se desempeña como Jefa del Área Temática “Software Médico Imagenológico”.

AGRADECIMIENTOS

A la Revolución por darnos la oportunidad de formarnos como Ingenieros.

*A nuestros padres por habernos guiado durante nuestra formación profesional, por su amor, dedicación y
cariño.*

A nuestros amigos por ser como hermanos, por comprendernos y apoyarnos.

A GPI por representar más que un proyecto productivo.

DEDICATORIA

A todos los que de una manera u otra han hecho posible la realización de este trabajo. En especial a mis padres por haberme sabido guiar, a mis amigos y a la Revolución por permitir que me forme como ingeniero...

Alejandro

A mami por su amor, su entrega y por estar siempre en los momentos más difíciles.

A papi por su sencillez y por su cariño.

A mi hermana Aracelys por estar presente y ser la personita a quien le construyo mi ejemplo.

A mis abuelos Candida y Eladio por sus ansias de vivir, por ser más que musas inspiradoras.

A Tata por escucharme y hacerme reír.

A abuela Fefa por sus consejos.

A Yoelvis por estar siempre que necesito una mano amiga.

A mis amigos por ayudarme a vivir el día a día. A André y Rocky.

Al Nogue por su compañía.

A todas las personas que en algún momento me han brindado su apoyo.

Arelys

RESUMEN

Con el avance de la tecnología en el campo de la medicina y la aplicación de la informática a los métodos de diagnóstico por imágenes, se complementan y mejoran los servicios de salud. Para facilitar el manejo de las imágenes médicas y establecer una vía única de comunicación entre los fabricantes de equipos de adquisición de imágenes y los sistemas de gestión de imágenes digitales se creó el estándar DICOM.

La presente investigación tiene como objetivo el desarrollo de una aplicación para el registro de estudios imagenológicos (Registrador). Incluye la conversión de ficheros a formato DICOM y establece comunicación con un servidor Worklist para la recepción de los datos de los pacientes que se realizarán los estudios imagenológicos.

El sistema fue desarrollado sobre plataforma .NET con lenguaje de programación C#. Ofrece una solución íntegra, capaz de adaptarse a las necesidades de cada centro médico independientemente de su complejidad y tamaño. Posee una interfaz amigable que posibilita que la aplicación sea fácil de usar.

La implantación del sistema ofrece al personal médico que labora en el área especializada de Oftalmología, la estandarización u homogenización de la información del flujo de trabajo de un PACS en un entorno donde los archivos no están en formato DICOM. Posibilita el envío de las imágenes hacia un servidor DICOM compatible para su posterior visualización desde cualquier estación de trabajo de la entidad médica.

PALABRAS CLAVE

Estudios imagenológicos, DICOM, Worklist, Oftalmología, estandarización, imágenes, PACS

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
1.1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIÓN DE IMÁGENES (PACS)	7
1.2. ESTÁNDAR DICOM 3.0.....	9
1.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN RADIOLÓGICA.	15
1.4. CLIENTE DE LISTAS DE TRABAJO	16
1.5. ESTADO DEL ARTE.....	16
1.6. HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS UTILIZADAS.	20
CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	25
2.1. OBJETO DE AUTOMATIZACIÓN.....	25
2.2. INFORMACIÓN QUE SE MANEJA	26
2.3. SISTEMA PROPUESTO	26
2.4. MODELO DE DOMINO	26
2.5. ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE.....	27
2.6. DEFINICIÓN DE LOS ACTORES DEL SISTEMA.....	33
2.7. DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL SISTEMA.....	34
2.8. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE USO DEL SISTEMA.	36
2.9. CASOS DE USO ARQUITECTÓNICAMENTE SIGNIFICATIVOS.	39
2.10. VENTAJAS DE LA APLICACIÓN.	40
CAPÍTULO 3. ARQUITECTURA Y DISEÑO	42
3.1. DISEÑO	42
3.2. MODELO ARQUITECTÓNICO	42
3.3. DIAGRAMAS DE CLASES DE DISEÑO.....	44
3.4. DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN.....	45
CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN	46
4.1. DIAGRAMA DE DESPLIEGUE	46
4.2. DIAGRAMA DE COMPONENTES	47
4.3. COMPATIBILIDAD CON LA PLATAFORMA LIBRE	48
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	57
ANEXO I. DESCRIPCIÓN AMPLIADA DE LOS CASOS DE USO DEL SISTEMA.	57
ANEXO II. DIAGRAMA DE CLASES DEL DISEÑO.	67
ANEXO III. DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES DEL DISEÑO.	70
ANEXO IV. DIAGRAMAS DE SECUENCIA.	77
GLOSARIO DE TERMINOS	81

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo está enmarcado dentro de la sociedad de la Información, la cual se ha caracterizado por el desarrollo de las tecnologías, que han logrado consigo cambios de valor esencial a nivel económico, laboral, educativo y social. Los avances en la informática y las comunicaciones han provocado que la informatización de la sociedad constituya un instrumento indispensable para avanzar hacia un mundo de justicia social; en el cual las innovaciones más recientes, que hoy, culminan en la tecnología digital, han incrementado aún más el alcance, la rapidez y la eficacia de todos los procesos (Cruzalta, 2008).

En los últimos años se ha producido un incremento en el uso de equipos tecnológicos en el campo de la medicina, tales como computadores, cámaras fotográficas y videocámaras digitales, debido a que los mismos han demostrado ser invaluable recursos en el diagnóstico, planificación de tratamientos y presentación de casos clínicos (Espinoza). La creciente utilización de estos recursos, unido a la gran variedad de equipos de adquisición de imágenes y de modalidades médicas trajo como consecuencia el surgimiento de los sistemas *PACS* dedicados a la adquisición, almacenamiento, visualización y transmisión de imágenes médicas.

Ante la gran variedad de fabricantes de equipos médicos y la existencia de sistemas de gestión de imágenes digitales, surge la necesidad de que puedan comunicarse entre sí y es precisamente a raíz de la incompatibilidad entre ellos, que surge el estándar DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) para facilitar así el manejo de las imágenes. Este es un estándar industrial para la transferencia y visualización de imágenes médicas digitales y la información asociada a ellas. Es aplicable al terreno de la transmisión, tratamiento e impresión de todo tipo de imágenes médicas, independientemente de la especialidad médica que las exporte.

Los sistemas *PACS* permiten llevar a cabo la visualización de las imágenes médicas desde cualquier estación de trabajo dentro de una institución hospitalaria. Contribuyen de manera significativa a la disminución del tiempo de adquisición de las imágenes así como su procesamiento. Garantizan un diagnóstico más rápido y eficiente; permiten establecer un mayor control sobre el flujo de estudios y pacientes. Entre los principales componentes de un *PACS* están: los equipos de adquisición de imágenes, las redes de comunicación, los sistemas de gestión y transmisión de imágenes, sistemas de

almacenamiento y archivo de imágenes e información y las estaciones de información y análisis de las imágenes.

La responsabilidad esencial de un sistema PACS es informatizar todo el flujo de trabajo de la imagen, que incluye la adquisición, transmisión, almacenamiento y procesamiento. Sin embargo tiene como limitante que no se encarga de centralizar y manipular la información que se genera en estos procesos como pueden ser la información de los pacientes, la historia clínica digital y algunos datos estadísticos; ni del manejo de las citas de los pacientes así como la programación de la lista de trabajo del especialista.

Debido a la complejidad que encierra el flujo de trabajo de un departamento de radiología y con el objetivo de maximizar las posibilidades que brindan los PACS son creados los llamados Sistemas de Información Radiológica (RIS) (Vega Izaguirre, et al., 2008). Estos son sistemas que contribuyen de forma significativa a la productividad y eficiencia en el manejo de información en ambientes de radiología e imagen.

Un RIS tiene la responsabilidad de gestionar la actividad clínica y administrativa del departamento, manejar la información demográfica de los pacientes, programar las citas y la entrega de reportes de diagnóstico, entre otras. La funcionalidad de estos sistemas está basada en un 80% o más en el “workflow” (Moreno, et al., 2008) y las listas de trabajo son una de las principales funcionalidades que permiten la articulación de los procesos y el trabajo de las clínicas o departamentos de radiología.

Las listas esenciales de un Sistema de Gestión Radiológica pueden ser organizadas o divididas en 5 tipos fundamentales, de acuerdo a la información que manejan y quien interactúa o solicita información de ellas. Dichas listas de trabajo son: lista de espera de citas, lista de trabajo de exámenes, lista de trabajo de diagnóstico, lista de trabajo de transcripción, lista de trabajo de supervisión. (Moreno, et al., 2008)

En los últimos años en Cuba se está llevando a cabo el proceso de informatización de la sociedad e inmerso en ello está el sector de la salud. Se ha experimentado un gran avance en el campo de la medicina y existen un gran número de centros especializados en el diagnóstico médico y el desarrollo de exámenes basados en técnicas avanzadas de imagenología. Debido a estos logros se han adquirido un gran número de equipos de alta tecnología y se ha desarrollado un proceso de capacitación al personal que labora con estos medios para de esta forma alcanzar resultados de excelencia.

Como parte fundamental de este proceso de informatización de la sociedad, la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) representa uno de los pilares principales. Para dar cumplimiento a algunas de las necesidades que se han presentado en el sector de la salud y como respaldo ante el advenimiento tecnológico, en dicha universidad se han desarrollado algunas soluciones esenciales para lograr mejores indicadores de salud y de atención al paciente en todos los niveles de atención del Sistema Nacional de Salud.

Dentro de las soluciones se encuentra el sistema alas PACS desarrollado por el Grupo de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales (GPI). Este sistema posibilita todas las funcionalidades y ventajas básicas, como cualquier otro sistema de su tipo, como la visualización, transmisión y almacenamiento de imágenes médicas.

Al no existir un sistema capaz de centralizar todo el flujo de información circulante dentro del entorno del PACS se decidió el desarrollo del sistema alas RIS encargado de la gestión de la actividad clínica y administrativa de un departamento de imagenología.

Con la idea de fortalecer las soluciones PACS, RIS se decide establecer una integración entre ambos sistemas, evitando inconsistencia en los datos introducidos en el alas RIS y los capturados por los equipos de adquisición de imágenes y modalidades médicas, así como viabilizar la comunicación PACS/RIS. Este sistema mediador entre estos productos es nombrado alas PACSWorlist (Servidor de listas de trabajo).

A pesar de las amplias ventajas y facilidades que brinda la suite de sistemas anteriormente mencionados y en especial el sistema alas PACS, en algunos centros hospitalarios las funcionalidades de su flujo de trabajo no están siendo explotadas al máximo de su capacidad.

Precisamente este incompleto funcionamiento del manejo de las imágenes médicas y de la información asociada a ellas está determinado porque en la actualidad existe una cantidad significativa de equipos de adquisición que generan imágenes o videos digitales en formatos comúnmente conocidos, como son: jpg, bmp o avi. Debido a la no estandarización y homogenización de la información generada por estos equipos, no es posible la comunicación con un Servidor DICOM. Lo antes expuesto conlleva a que no se pueda realizar la transmisión, visualización y procesamiento de las imágenes desde cada una de las estaciones de trabajo con las que se cuenta en los centros médicos, por lo que se hace necesario trabajar

en el ordenador que labora directamente con el equipo, teniendo en cuenta que las imágenes solo se encuentran en este repositorio local.

El sistema alas PACS no cuenta hoy con un registrador de estudios imagenológicos, unido a un visor base o a un equipo de adquisición que sea capaz de incluir en un entorno no estandarizado bajo el formato DICOM, la información demográfica del paciente. Así como la información del estudio en cuestión (dígase fecha de realización, y modalidad) y los datos referentes a la entidad médica donde se realiza dicho examen.

Específicamente esta problemática descrita presenta una situación más crítica en el área de Oftalmología, debido a que el equipamiento técnico con el que se cuenta está sustentado con tecnología mucho más reciente. Estas comenzaron a desarrollarse en los inicios de este siglo y en la actualidad pocos fabricantes de equipos cuentan con productos desarrollados para su desempeño dentro de entornos DICOM.

Después de analizar la situación antes expuesta, se define como **Problema Científico**: ¿Cómo facilitar el proceso de registro de estudios imagenológicos generados por equipos de Oftalmología, que no están regidos bajo el estándar DICOM?

Se define como **Objeto de Estudio**: el proceso de registro de estudios imagenológicos. El **Campo de Acción** se enfoca en el proceso de registro de estudios imagenológicos en hospitales y centros de diagnóstico especializados en Oftalmología.

Para dar solución a la problemática antes mencionada se ha definido como **Objetivo General**: implementar una aplicación que facilite el proceso de registro de estudios imagenológicos generados por equipos de Oftalmología, que no están regidos bajo el estándar DICOM.

Para dar cumplimiento al objetivo general, se plantean las siguientes **Tareas de Investigación**:

1. Analizar las especificidades establecidas por el estándar DICOM 3.0 para la creación de ficheros en dicho formato.
2. Analizar los sistemas existentes a nivel mundial, especializados en la dicomización de archivos que no cumplen con el estándar DICOM 3.0.

3. Realizar una valoración de sistemas existentes a nivel mundial especializados en el proceso de dicomización y que actúen como clientes de listas de trabajo.
4. Realizar un análisis de las técnicas de programación, lenguaje, plataforma, librerías y metodologías propuestas para el desarrollo del sistema.
5. Modelar los Flujos de Trabajo: Modelado del Negocio, Requerimientos, Diseño e Implementación según la metodología seleccionada.
6. Implementar una solución para el registro de estudios imagenológicos generados por equipos de Oftalmología, así como los algoritmos necesarios para dicomizar los archivos capturados por los equipos oftalmológicos que no generan DICOM.
7. Obtener el modelado de la inclusión de servicios de listas de trabajo (Worklist SCU) para importar los datos referentes a los estudios que se encuentran como parte del control de turnos de la institución.

El trabajo de diploma está estructurado en cuatro capítulos, cuyo contenido se describe a continuación:

Capítulo 1: Constituye la fundamentación teórica de la presente investigación, brinda información referente a los sistemas PACS y su estructura, delimitando sus principales componentes. Se abordan aspectos relacionados con el estándar internacional para la transferencia y visualización de imágenes médicas (DICOM). Se plantean elementos que se enfocan hacia la integración de los Sistemas PACS y RIS a través de las listas de trabajo. Presenta una breve panorámica de los sistemas o herramientas dedicadas a la dicomización y obtención de las listas de trabajo. Se dan a conocer las principales herramientas, lenguajes y metodologías utilizadas en el desarrollo del trabajo de diploma.

Capítulo 2: Describe los principales conceptos identificados en el flujo de trabajo de negocio, a través de un modelo conceptual. Se detallan los requisitos y se modela la propuesta de sistema mediante los casos de uso del sistema.

Capítulo 3: Representa el flujo de trabajo de diseño según lo establecido por la metodología RUP y se define la estructura del sistema a través de la arquitectura del mismo.

Capítulo 4: Especifica los componentes ejecutables que forman el sistema y su relación, así como su representación en nodos físicos a través del diagrama de despliegue.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Durante el desarrollo del presente capítulo se realiza una descripción de los componentes que integran un PACS. Así como de elementos de interés para esta investigación sobre el estándar DICOM 3.0, para enmarcar las pautas que dirigen el desarrollo. Se detallan algunos aspectos sobre los sistemas RIS y las bases de su funcionamiento a través de las listas de trabajo. Se realiza una valoración del estado del arte tanto a nivel nacional como internacional, reflejándose las principales tendencias en el mundo de las tecnologías en este tipo de soluciones. Se lleva a cabo un análisis de las herramientas utilizadas para el desarrollo del sistema propuesto.

1.1. Sistema de Almacenamiento y Comunicación de Imágenes (PACS)

- Sistema: conjunto de componentes integrados.
- Almacenamiento: a largo plazo con recuperación rápida.
- Comunicación: para obtener/enviar la información.
- Imágenes médicas de cualquier tipo.

Los sistemas PACS (Picture Archiving and Communication Systems) ofrecen una alternativa en el manejo de imágenes digitales en forma eficiente a través de dispositivos conectados en una red, permitiendo proveer servicios de almacenamiento, tratamiento y transferencia de información, para dar soporte a las áreas donde se genera un volumen importante de imágenes (Martínez, et al., 2006).

Desde hace un par de décadas se ha reflejado el interés médico en diagnosticar y tratar enfermedades por medio de imágenes. La tecnología médica ha evolucionado rápidamente en la modalidad de técnicas de instrumentación y procesamiento para equipos de diagnóstico, entre las más conocidas se nombran: estudios de rayos X, radiografía computarizada, tomografía computarizada, resonancia magnética, angiografía de fluorescencia y electrorretinografía.

Es necesario señalar que el uso de imágenes en el campo médico abarca diversos contextos; desde un consultorio médico o dental, hasta las diferentes áreas especializadas de un hospital. La necesidad de que esta información se encuentre compartida se ha convertido hoy en día en un punto crítico.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los sistemas PACS hacen más fácil el acceso y la lectura de los diagnósticos y en estos momentos estos sistemas están desplegados por un sin número de especialidades médicas como la Radiología, Ortopedia, Cardiología y Oftalmología.

La utilización de los PACS es de vital importancia para avanzar hacia un entorno de trabajo sin placas o sin papeles reduciendo así el costo y logrando una mejor atención para un diagnóstico más rápido y eficiente, con menores posibilidades de errores humanos y mayor productividad del personal técnico y médico.

1.1.1. Componentes de un PACS

- **Equipos de Adquisición**

En ellos se le realiza el examen al paciente para la obtención de una imagen de valor diagnóstico. La adquisición de las imágenes tiene varias modalidades entre las que se pueden encontrar TC, RM, TAC, XA, XC, entre otras. En la actualidad la mayoría de estos equipos cuentan con interfaces para el estándar DICOM, lo que ayuda a una mayor rapidez en la incorporación de la imagen al sistema PACS.

La adquisición de imágenes puede ser primaria (desde equipos modernos que cumplen la norma DICOM 3.0) o secundaria (digitalización de imágenes analógicas o adaptación a DICOM de equipos digitales que no generen ficheros en dicho formato mediante dispositivos intermedios o “dicomizadores”). La adquisición secundaria puede no conseguir todos los servicios que proporciona DICOM (Imagen, 2002).

- **Estaciones de Visualización.**

Estos son los elementos que presentan de forma visual a los médicos la información contenida dentro del sistema PACS. Las estaciones de diagnóstico y visualización deben contar con algunas funciones de procesamiento de imágenes, como contraste, zoom, mediciones cuantitativas, anotación sobre la imagen, generación de informes escritos o dictados, etc. Así como contar con monitores de alta resolución y alta disponibilidad de memoria RAM.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- **Servidor de Imágenes**

Es un componente muy importante del PACS, por el gran volumen de información que deben admitir y sobre todo por la necesidad de acceso a las imágenes almacenadas, cada vez más frecuente (estudios multimodales y estudios seriados). Son los encargados de manejar las imágenes y su información asociada de manera eficiente. Incluye mecanismos de seguridad, automatización de tareas, administración de recursos y creación de copias de respaldo.

Es conveniente que estén dotados de una estructura jerárquica, con dos niveles de acceso:

- Acceso inmediato (u *online*).
- Archivo histórico o a largo plazo, masivo y lento que debe mantenerse durante el plazo de tiempo legal (5-7 años) (Imagen, 2002).

- **Infraestructura de Red**

Es la encargada de interconectar los demás componentes del sistema ya que es el medio físico por el cual se mueven las imágenes desde los equipos de adquisición hacia el sistema de almacenamiento y de este último hacia las diferentes estaciones de visualización.

1.2. Estándar DICOM 3.0

La creciente utilización de sistemas de adquisición y tratamiento digital de imágenes médicas ha hecho necesaria la adopción de estándares que posibiliten el intercambio de estas tanto dentro de las propias instituciones como fuera de ellas. Así, se intenta normalizar las especificaciones de los "objetos imágenes" y la comunicación tanto en tiempo real como diferida.

El estándar DICOM 3.0 creado por ACR (American College of Radiology) y NEMA (National Electrical Manufacturers Association) (Valen, 2008) y pertenece al campo de la Informática Médica por lo que, en principio, esta norma se solapa con otras de este campo.

El estándar describe el formato de archivos y la especificación de los datos primordiales de un paciente en la imagen así como el encabezado requeridos, describiendo un lenguaje común a distintos sistemas médicos. De esta forma las imágenes vienen acompañadas de mediciones, cálculos e información descriptiva relevante para diagnósticos. Utiliza archivos con extensión .dcm (PAS, 2006).

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

A partir de aquí, el avance de la estandarización adquiere todo su significado:

- Se homogenizan los estándares de codificación de la información y del conjunto de datos resultantes de utilizar los objetos de información (imágenes) con las Clases de Servicio, así como se especifican varias técnicas de compresión normalizadas (JPEG con y sin pérdidas)
- Se muestran las reglas de codificación que se deben cumplir para construir una secuencia de datos para ser transmitida como un mensaje.
- Se especifican los servicios de comunicaciones y los protocolos necesarios para intercambiar mensajes en un entorno de red.
- Se define la utilización de un conjunto de protocolos OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos) para asegurar una comunicación eficiente y que soporta una amplia variedad de tecnologías de Red basadas en normas internacionales como la ISO 8802-3 CSMA/CD (es la famosa red Ethernet), ATM, X.25, etc. Como protocolo de transporte se puede utilizar el protocolo de comunicación TCP/IP, que es un protocolo de propósito general, no una versión específica de DICOM, por lo que el sistema en este apartado es realmente abierto y compatible con la mayoría de las redes que se están instalando actualmente en los centros hospitalarios.

El hecho de que los equipos de adquisición de imágenes dispongan del protocolo DICOM no implica que estos puedan comunicarse directamente. La comunicación entre sistemas se consigue mediante la definición de una serie de parámetros que especifican las particularidades de transmisión de información entre ellos. Los parámetros mínimos requeridos son:

- Nombre de la aplicación (AE_TITLE).
- Dirección IP del ordenador (Internet Protocol)
- Puerto de comunicación del ordenador (Manzaneque, 2006).

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.2.1. ¿Cómo se conforma la imagen DICOM?

El modelo de información de imagen DICOM está basado en la forma en que la información de diferentes dispositivos está relacionada. Los cuatro niveles de este modelo de información son:

- Paciente
- Estudio
- Serie
- Imagen.

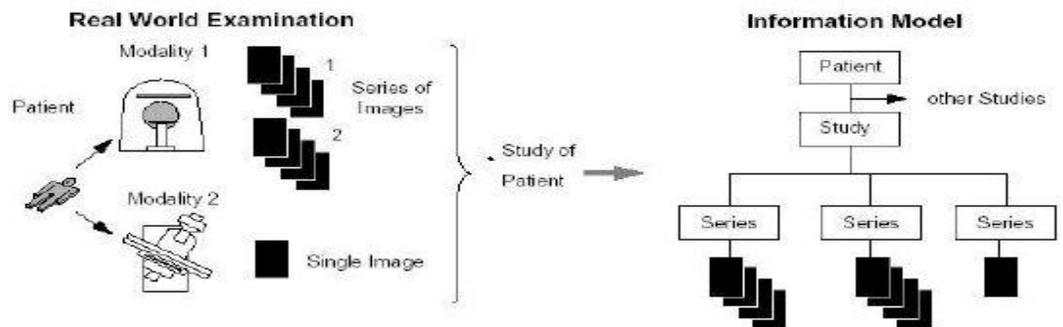


Figura 1.1: Modelo de Información

Tipos de Imágenes Genéricas

Las instancias de las clases de las imágenes SOP tienen un conjunto básico de atributos. El conjunto mínimo de atributos requeridos para una instancia de imagen SOP consiste en el siguiente grupo de atributos:

- Atributos identificadores: UID de clase SOP, UID de la instancia del estudio, UID de la instancia de la serie y UID de la instancia de la imagen (= UID de la instancia SOP).
- Tipo de aparato.
- Descripción de la matriz de píxeles: muestra por píxel, filas, columnas.
- Interpretación del valor del píxel: interpretación fotométrica.
- Codificación de los píxeles: bits asignados, bits almacenados, bit alto, representación de píxel, configuración plana.
- Matriz de píxeles: datos de píxel.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

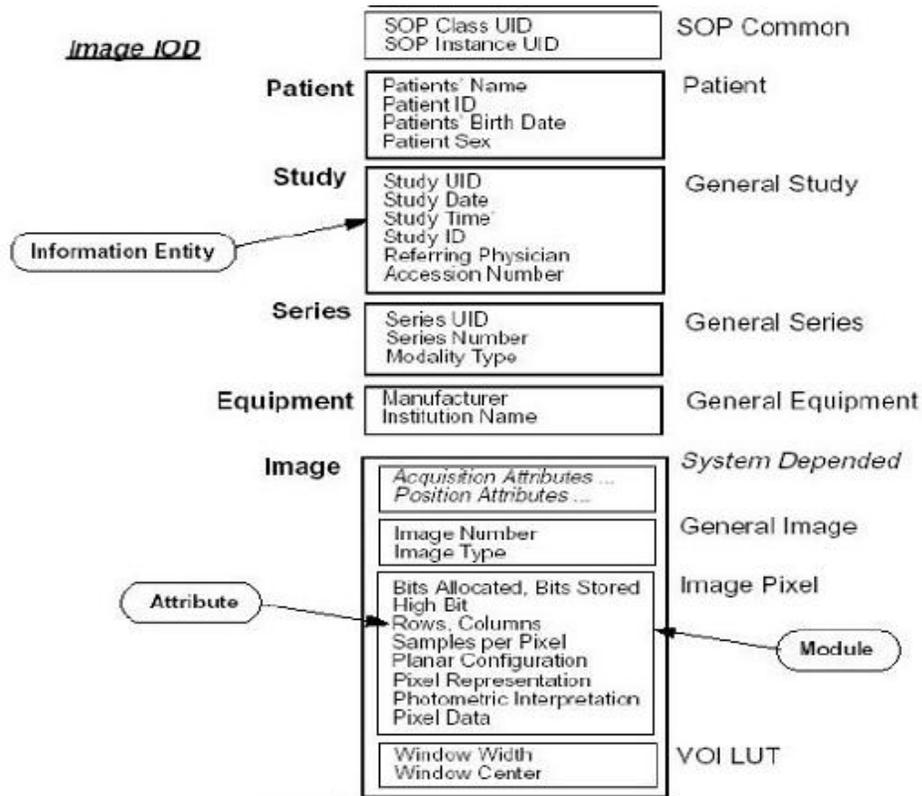


Figura 1.2: Juego básico de atributos de las instancias de imagen SOP.

1.2.2. Formato del fichero DICOM

Los ficheros DICOM consisten en dos partes diferenciadas:

- Una cabecera con multitud de campos estandarizados que especifican tanto datos administrativos (datos del paciente, hospital donde se realizó el estudio imagenológico, entre otros) como datos sobre la imagen.
- Cuerpo con la imagen, que puede estar comprimida con distintos estándares (Elemento) (Medina, et al., 2009).

Cada DataSet (ver Figura **Error! Reference source not found.2**) se compone de varios elementos de datos o DataElement. Un DataElement está formado por una etiqueta (Tag), un campo VR, la longitud del campo Valor, y el valor o valores en sí del elemento identificado.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- **VR:** indica la forma en que se codifica el valor del elemento.
- **Longitud del campo Valor:** longitud del campo Valor.
- **Valor:** es el valor del elemento de datos, codificado según el campo VR y con la longitud que indica el campo Longitud del Valor (PAS, 2006).

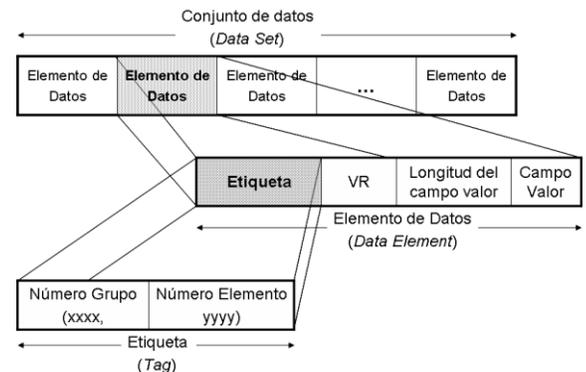


Figura 1.3: Conjunto de datos.

Un objeto DICOM simple puede contener solamente una imagen, pero esta imagen puede tener múltiples "fotogramas" (frames), permitiendo el almacenamiento de bloques de cine o cualquier otros datos con varios fotogramas.

Específicamente los Datos de los Píxeles (Pixel Data), son aquellos que permiten poder visualizar la imagen. El orden de los píxeles para cada plano de imagen es de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

El estándar permite usar cada valor del elemento de datos de los píxeles para almacenar información extra que no representa datos de los píxeles en sí. Se pueden codificar los datos de los píxeles de forma que cada valor ocupe 16 bits, pero que sólo los últimos 12 representen el valor del píxel, los cuales son llamados sample del píxel. El resto de bits (los primeros 4) podrán usarse para temas específicos de la implementación o para planos de revestimiento (overlay planes). Es necesario especificar en la cabecera cuántos y cuáles de estos bits de los valores de los datos de los píxeles sirven para representar el sample:

- **Bits Destinados:** es el tamaño de cada valor en bits de los datos de los píxeles, normalmente 8 ó 16.
- **Bits Almacenados:** indica el número de bits de cada valor que se usan para representar el valor del sample.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- **RGB**

Los datos de los píxeles representan una imagen en color descrita por planos de imagen rojo, verde y azul. El sample de valor mínimo de cada plano de color representa la intensidad mínima de ese color. Este valor debe ser usado solo cuando Samples por Píxel vale tres (Medina, et al., 2009).

1.3. Sistemas de Información Radiológica.

La aceptación de los Sistemas de Información Radiológica (RIS) ha sido buena, de manera general, debido al alivio que estos proveen de la carga de trabajo a la que frecuentemente se encuentran expuestos los servicios de diagnóstico por imágenes.

Los sistemas RIS se desempeñan en la gestión de la información que se genera en los departamentos de radiología de los centros hospitalarios. Permite la informatización de la lista de trabajo de los equipos y especialistas de la institución, la organización del flujo de trabajo de los departamentos de imagenología, la homogenización de los reportes de estudios imagenológicos que reciben los pacientes y de los reportes estadísticos de la institución, las hojas de cargo por servicios, entre otros.

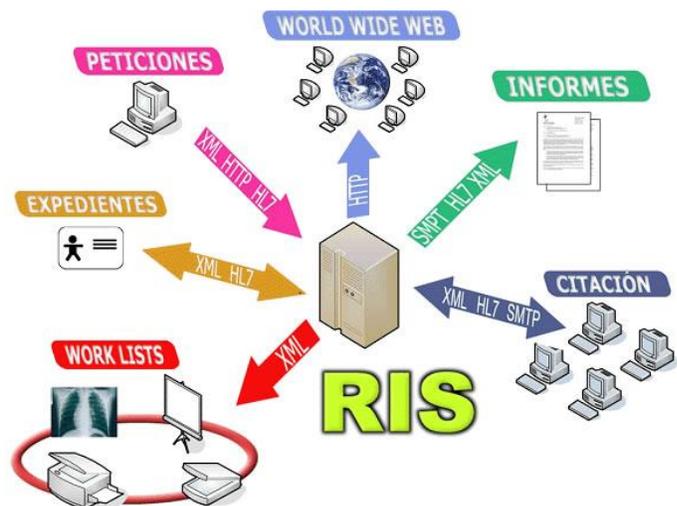


Figura 1.5: Entorno de desarrollo de un RIS

Permite el registro de pacientes y sus citas para estudios o consultas de imagenología, el registro de los datos de los especialistas y los equipos médicos así como el control de una historia clínica imagenológica, las salidas de la estadísticas médicas y las hojas de cargo.

Unido al Sistema de Información Radiológica puede asociarse un servidor de listas de trabajo DICOM compatible, su función principal es la de unir el sistema RIS con el sistema de almacenamiento de imágenes, posibilitando la correcta asociación entre paciente e imagen.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.4. Cliente de listas de trabajo

Las listas de trabajo deben ser capaces de comunicar el RIS con los equipos de adquisición de imágenes y modalidades médicas para que estos actualicen sus listas de trabajo o para especialistas, y permita a su vez realizar búsquedas por pacientes, estudios y diagnósticos médicos, facilitando la realización de estudios de morbilidad.

El servicio DICOM Worklist permite a un equipo de imagen; que incluya esta funcionalidad o servicio DICOM, leer la "lista de pacientes citados", obtener detalles de los pacientes y exámenes médicos solicitados electrónicamente, evitando la necesidad de introducir esa información varias veces y sus consiguientes errores.

La función principal de la lista de trabajo es conseguir que las imágenes generadas en las modalidades se asocien de forma correcta al paciente correspondiente. Desde el punto de vista de los técnicos que laboran con los sistemas, la lista de trabajo permite que en las consolas de sus modalidades aparezcan aquellos pacientes citados para el día, de forma que ellos los puedan seleccionar y hacerles el estudio correspondiente.

1.5. Estado del arte

1.5.1.Ámbito internacional

En los últimos años ha aumentado considerablemente el uso de imágenes digitales para la investigación y el diagnóstico médico. Debido a esto, se ha hecho necesario desarrollar nuevas y mejores aplicaciones para gestionar grandes cantidades de información médica de forma eficiente y rápida. Este vertiginoso impulso en el campo imagenológico ha dado al traste con el auge experimentado por los PACS, precisamente provocado por la gran variedad de fabricantes de equipos de adquisición de imágenes y modalidades médicas.

Algunas de las principales empresas dedicadas a la fabricación de estos equipos son: General Electric, Siemens AG, Philips, Kodak, Agfa y Digital Imaging. Ellas no solo se dedican a la construcción de equipos médicos, sino además, proveen el software necesario para que estos puedan ser utilizados con eficacia y se logre aumentar el alcance y la utilidad de los mismos.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Específicamente existen dos empresas muy destacadas en la fabricación de equipos de adquisición de imágenes médicas oftalmológicas que son Topcon y Carl Zeiss, las cuales crean continuamente nuevos productos innovadores que facilitan el proceso de atención al paciente, brindando la posibilidad de detectar con mayor rapidez y exactitud los problemas de visión.

Algunos de los equipos con que se cuenta hoy para la captura de las imágenes de oftalmología no están regidos bajo el estándar DICOM 3.0, por lo que se hace necesario para poder explotar al máximo el uso de los mismos, la utilización de un software que sea capaz de estandarizar u homogenizar la información. Algunos de estos software son:

1.5.1.1. SMDicomCap

Es un software dicomizador. Se trata de un sistema de adquisición para modalidades que no cumplen el estándar DICOM 3.0. A este proceso se le llama **dicomización**. **SMDicomCap**, es la unión de un potente software y un hardware adecuado para llevar a cabo el proceso de dicomización de manera que los resultados obtenidos sean óptimos. Este sistema ofrece amplias ventajas teniendo en cuenta que siempre que pueda usarse no será necesario comprar nuevos y costosos equipos que cumplan con el estándar DICOM.

1.5.1.2. DICOM Izer

Es una herramienta fácil de utilizar e intuitiva solución que aborda la captura de la imagen médica y las necesidades de almacenamiento, ya sea porque estas tengan tanto valor diagnóstico como educativo. No es una herramienta especializada sino de alcance general.

DICOM Izer facilita la visualización de imágenes y su circulación dentro de un entorno PACS, y a su vez trae consigo una amplia reducción de costo y de tiempo asociados con la manipulación de diferentes tipos de medios (películas, papel, cintas de vídeo o DVD y discos). Entre sus características más esenciales se pueden mencionar, la conversión digital de imágenes (JPEG, BMP, TIFF, GIF) y videos (MPEG, AVI, WMV) a formato de archivo DICOM.[11]

1.5.1.3. MIO LT™

MIO LT™ es un herramienta para conversión a DICOM y el envío a un PACS de la imagen generada por

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

una única modalidad o dispositivo de imagen médica. MIO LT™ permite la captura de la imagen desde una carpeta, realizando captura secundaria (tarjeta de video) o usando servicios DICOM SEND ó DICOM PRINT.

MIO LT™ obtendrá los datos del paciente y el “Accession Number” para poder crear el estudio en el PACS recuperándolos desde una lista de trabajo (DICOM Worklist Retrieve) o introduciéndolos manualmente. Esta aplicación no es extensible a todos los fabricantes de equipos de adquisición de imágenes y modalidades médicas. En el caso específico de la oftalmología está dispuesto para los equipos que se muestran en la figura que se encuentra a continuación.

Oftalmología (22)			
Marca	Modelo	Tipo	
ALCON	OCUSCAN RxP	Biómetro / Paquímetro	■
ALCON	ULTRASCAN	Ecógrafo / Biómetro	■
BAUSCH & LOMB	TECHNOLAS 217	Laser	■
BAUSCH & LOMB	ORBSCAN	Sistema Análisis S.A.	■
BAUSCH & LOMB	ZYWAVE	Aberrómetro	■
CANON	CR6-45NM	Retinógrafo	■
CANON	GF-60V	Angiógrafo	■
HAAG-STREIT	BQ 900	Lampara de hendidura	■
INDO NIDEK	AOS-1100	Autokerarefractómetro	■
INDO NIDEK	ARK-700	Autokerarefractómetro	■
INDO NIDEK	ARK-2000E	Autokerarefractómetro	■
INDO NIDEK	LM-820	Medidor de lentes	■
INDO NIDEK	LM-990	Medidor de lentes	■
INDO NIDEK	RT-2100	Refractor	■
Oftalmología (22)			
Marca	Modelo	Tipo	
TOPCON	CL-100	Medidor de lentes	■
TOPCON	CT-60	Tonómetro	■
TOPCON	KR-8800	Autokerarefractómetro	■
TOPCON	TRC-50IX	Retinógrafo	■
TOPCON	TRC-NW55	Retinógrafo	■
ZEISS	HFA 740i	Campímetro	■
ZEISS	HFA 745	Campímetro	■
ZEISS	HFA II 750i	Campímetro	■

Figura 1.6: Equipos médicos de imágenes oftalmológica que soporta MIO LT™.

1.5.1.4. Phoenix

Phoenix es un conversor a DICOM multipropósito que corre sobre plataforma Windows. Este convierte a DICOM, imágenes JPG, BMP y PNG, documentos escaneados, videos médicos digitalizados, entre otros, para ser enviados hacia el servidor de un PACS. Los Radiólogos, por lo tanto, podrán consultar información sobre los pacientes, acceder a datos tales como los informes y las notas de remisión, junto con imágenes DICOM para añadir más precisión, eficacia y confianza a la hora de diagnosticar. Además

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

de ello permite editar información del encabezado de un fichero DICOM.

1.5.2.Ámbito nacional

Durante los últimos años Cuba se ha convertido en una potencia médica alcanzando resultados relevantes al punto de tener indicadores de salud muy superiores a los de muchos países desarrollados. Se puede mencionar entre estos logros los alcanzados en el marco del diagnóstico por imagen, cirugía de mínimo acceso, transplantología, implantes cocleares, oftalmología, ingeniería genética y biotecnología, cirugía cardiovascular y tratamientos del cáncer.

Principalmente en el campo del diagnóstico por imagen médica, Cuba no ha estado exenta del desarrollo que se ha producido a nivel mundial y es por ello que se han adquirido un gran volumen de equipos médicos que ayudan al diagnóstico y a la presentación de casos clínicos.

Debido al alto costo del software que se fusiona con estos equipos de imágenes médicas y a la imposibilidad de Cuba de adquirir los mismos, se han desarrollado algunos sistemas para viabilizar este proceso del diagnóstico al paciente y como una fuente de entrada de recursos al país.

Uno de estos sistemas implementados en Cuba es el Imagis®, el cual fue desarrollado por el centro de Biofísica Médica de Santiago de Cuba para la transmisión de imágenes médicas y multimodales del Sistema Nacional de Salud Cubano. El Imagis® permite la adquisición, procesamiento, almacenamiento, recuperación e impresión de imágenes médicas, mediante el uso del estándar DICOM 3.0 en equipos de diferentes fabricantes y modalidades como Resonancia Magnética, Ultrasonido, Medicina Nuclear, Tomografía Axial Computarizada y Radiología Computarizada (D.Ronda, 2002).

Este sistema no cumple todas las funcionalidades previstas para un sistema PACS y es por ello que en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se decide llevar a cabo el desarrollo del sistema alas PACS. Esta solución está diseñada para ofrecer al personal médico que labora en los Departamentos de Diagnóstico por Imágenes una gama de herramientas de propósito general, para la visualización y procesamiento de imágenes médicas y posterior edición de los informes que son emitidos, facilitando, además, el acceso a las imágenes desde cualquier punto de la institución hospitalaria. Está formada por tres sistemas altamente integrados y compatibles con el estándar internacional DICOM 3.0, pero que

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

pueden ser instalados por separados:

- alas PACSViewer: Estación de diagnóstico general.
- alas PACSServer: Servidor de imágenes médicas.
- alas PACSDMail: Sistema para la transmisión de imágenes médicas.

A raíz de este desarrollo se construye el sistema alas RIS y para lograr una perfecta integración entre los mismos surge alas PACSWorklist (Servidor de listas de trabajo).

A pesar del amplio desarrollo alcanzado por Cuba en el diagnóstico por imágenes y de la utilización del sistema alas PACS en hospitales de la capital cubana, aún no existe una herramienta capaz de incluir al flujo de información del PACS los archivos generados por modalidades que no soportan formato DICOM.

En el mundo existe gran variedad de sistemas o aplicaciones que se dedican a vitalizar el flujo de trabajo dentro de un entorno PACS (epígrafe 1.5.1), pero sus precios no han dejado de ser exuberantes, por lo que se hace muy difícil su adquisición por países pobres, como es el caso de Cuba. Otra desventaja significativa que presenta la compra de sistemas con las características anteriormente mencionadas es que muchos no están especializados, sino que son de propósito general, por lo que en algunas especialidades médicas, como la Oftalmología, se obvian detalles fundamentales que impiden su máximo aprovechamiento o que se pueda dar un diagnóstico lo más acertado posible.

1.6. Herramientas y tecnologías Utilizadas.

Las tecnologías han experimentado un vertiginoso desarrollo en los últimos años, lo que impone la necesidad de realizar una valoración de las mismas, así como sus herramientas en la realización de los sistemas para poder brindar mejores servicios de salud.

1.6.1. Microsoft Visual C# .NET 2.0

Es un lenguaje moderno e innovador para el desarrollo de aplicaciones .NET para Microsoft Windows, la Web y un gran rango de dispositivos. Con una sintaxis que se asemeja a C++, lenguaje estudiado por los autores del trabajo de diploma en sus primeros años en la universidad. Provee un entorno de desarrollo flexible (IDE), y con la posibilidad de desarrollar soluciones para una gran gama de plataformas y dispositivos. Este lenguaje trae inmersas algunas características muy factibles que hacen fácil y fiable su

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

adopción, estas son:

- **Sencillez:** El código escrito en C# es **autocontenido**. No incluye elementos poco útiles de lenguajes como C++ tales como macros, herencia múltiple. El tamaño de los tipos de datos básicos es fijo e independiente del compilador.
- **Modernidad:** C# incorpora en el propio lenguaje elementos que han demostrado ser importantes como: la inclusión de una instrucción **foreach** y la inclusión de un tipo básico **string**.
- **Orientación a objetos:** Soporta todas las características propias del paradigma de programación orientada a objetos: encapsulación, herencia y polimorfismo.
- **Orientación a componentes:** C# permite definir cómodamente propiedades (similares a campos de acceso controlado), eventos (asociación controlada de funciones de respuesta a notificaciones) o atributos (información sobre un tipo o sus miembros).
- **Seguridad:** Incluye mecanismos que permiten asegurar que los accesos a tipos de datos siempre se realicen correctamente, lo que evita que se produzcan errores difíciles de detectar por acceso a memoria. Incluye **delegados**.

1.6.2. Microsoft Visual Studio 2005

Microsoft Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) de Microsoft. El sistema, cumpliendo con la política de la plataforma, soporta un diverso grupo de lenguajes de programación tales como Visual C++.NET, Visual J#.NET y Visual Basic.NET y Visual C#.NET que es el lenguaje utilizado en el proyecto productivo para soluciones de escritorio. Provee amplias facilidades como la inclusión de un editor de código que soporta resaltado de sintaxis y de código utilizando IntelliSense, que comprende variables, funciones y métodos, construcciones del lenguaje, como los bucles y las consultas brindando así la posibilidad de escribir código de alta eficiencia. Visual Studio 2005 posee gran combinación de potencia y la productividad para el desarrollador de Windows y es por ello que se ha adoptado para la implementación del registrador de estudios imagenológicos.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.6.3.MyDICOM.NET SDK

Solución que provee las librerías, servicios y herramientas necesarias para el desarrollo de forma rápida de aplicaciones y sistemas médicos. Implementan el estándar DICOM 3.0 y están desarrolladas en el lenguaje de programación C# para la plataforma .NET.

En la actualidad existen varias librerías de este tipo (Java DICOM Toolkit, CTN), algunas de ellas incluso gratis (DCMTK), pero se escogieron las MyDicom debido a su facilidad de uso y a que están implementadas en C#. Esto proporciona mayores facilidades teniendo en cuenta que es el lenguaje que más se usa para la implementación de los desarrollos llevados a cabo por el Grupo de Procesamiento de Imágenes y Señales.

La MyDICOM traen consigo varias ventajas, pues no solo brinda una fácil integración en un ambiente de desarrollo .NET sino que además es portable a otras plataformas como UNIX, con la utilización de MONO. Adicionalmente estas librerías ofrecen buenos resultados en rendimiento, estabilidad y confiabilidad.

1.6.4.Enterprise Architect 7.0 (EA)

La herramienta de modelado UML® Enterprise Architect, es la herramienta más potente y flexible para la plataforma de Windows. Una herramienta de análisis de negocio y UML orientada a objetos para el desarrollo completo del ciclo de vida de cualquier software, Enterprise Architect provee el límite competitivo para el desarrollo de software, administración de proyecto, administración de requerimientos y análisis de negocio (SPARX). Está basada en el estándar de UML 2.1.

EA permite hacer un excelente modelado visual. Posibilita realizar ingeniería reversa de código fuente en 10 lenguajes. Permite también importar esquemas de base de datos, fuente XSD y WSDL y binarios .NET.

Enterprise brinda características tales como la generación de código en visual C# 2.0, lenguaje con el cual se trabaja dentro del grupo de proyecto. Posibilita la integración con Visual Studio.NET 2005, IDE escogido para el desarrollo de esta investigación. Brinda usabilidad y rapidez a la hora de trabajar. Todas estas características tributan a que la utilización del Enterprise Architect como herramienta de modelado

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

se establezca como lineamiento del proyecto.

1.6.5.RUP

RUP (Proceso Unificado de Desarrollo) es un proceso de desarrollo de software y junto con el Lenguaje Unificado de Modelado (UML), constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos. No es un sistema con pasos firmemente establecidos, sino un conjunto de metodologías adaptables al contexto y necesidades de cada organización y posee magnificas características como:

- Forma disciplinada de asignar tareas y responsabilidades (quién hace qué, cuándo y cómo)
- Pretende implementar las mejores prácticas en Ingeniería de Software
- Desarrollo iterativo
- Administración de requisitos
- Uso de arquitectura basada en componentes
- Control de cambios
- Modelado visual del software
- Verificación de la calidad del software

Se caracteriza por ser iterativo e incremental, estar centrado en la arquitectura y guiado por los casos de uso. Incluye artefactos (que son los productos tangibles del proceso como por ejemplo, el modelo de casos de uso, el código fuente, etc.) y roles (papel que desempeña una persona en un determinado momento, una persona puede desempeñar distintos roles a lo largo del proceso).

Por las características mencionadas que demuestran la amplia usabilidad y potencialidad de esta metodología de desarrollo es que se escoge para el desarrollo de la presente investigación.

1.6.6.UML

Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema. UML ofrece un estándar para describir un "plano" del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocio y funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes reutilizables. Es de gran importancia para

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

logar una comunicación homogénea entre todos los miembros del proyecto ya sea para establecer colaboración entre ellos o para fomentar y facilitar posteriores desarrollos.

Se escoge para modelar esta investigación con el objetivo de alcanzar mejores resultados en cuanto a la estructuración de la documentación presentada y para lograr un mejor entendimiento de los procesos desarrollados, para aquellas personas que no se encuentran inmersas en el desarrollo o que puedan integrarse a él posteriormente.

En este capítulo se presentaron las características fundamentales relacionadas con los sistemas PACS, RIS y Worklist así como el estándar DICOM para la transferencia y visualización de las imágenes médicas. Se hizo un análisis del estado del arte y de las tendencias actuales en el desarrollo de sistemas que realizan el proceso de conversión a formato DICOM y que actúan como clientes de listas de trabajo. Se expusieron las herramientas y tecnologías a utilizar.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.

Los elementos relacionados con el objeto de estudio que representa la base principal para el desarrollo del registrador de estudios imagenológico. Se manifiestan los aspectos principales que tributan a la descripción de la propuesta de solución. Se especifican qué procesos se van a automatizar dentro del flujo de negocio presente en cualquier entidad médica dedicada a la Oftalmología. Finalmente se realiza una descripción de los requisitos funcionales y no funcionales que tributan al modelado de los casos de uso que darán cumplimiento a la presente investigación.

2.1. Objeto de automatización

Para desarrollar el proceso de informatización de los centros especializados en Oftalmología un equipo de trabajo del Grupo de Procesamiento Digital de Imágenes de la Universidad de las Ciencias Informáticas llevó a cabo una investigación conjuntamente con los médicos especialistas en el tema, la cual arrojó resultados importantes que sirvieron de base para trazar el desarrollo del Registrador de estudios imagenológicos en su solución particular para equipos de Oftalmología.

El flujo de procesos identificados en las instituciones oftalmológicas, puntualmente en el área imagenológica, comienza una vez que el paciente se encuentra junto al equipo de adquisición y se lleva a cabo la captura de las imágenes y videos, que vienen a formar un estudio médico. En caso de que estos ficheros generados no estén conformados por el formato establecido por el estándar DICOM 3.0, ya sea porque son jpg, bmp, avi, entre otros, deben sufrir un proceso de homogenización, garantizando que estas puedan viajar hacia el servidor de imágenes médicas a través de la infraestructura de red, para posteriormente ser visualizadas desde cualquier estación de trabajo del centro médico.

Una vez que los archivos DICOM se encuentren en las estaciones de visualización, estas últimas deben contar con las herramientas especializadas precisas para lograr dar a la imagen las condiciones propicias para realizar un diagnóstico lo más acertado y rápido posible.

Dentro del flujo descrito anteriormente, los procesos a automatizar están representados por el registro de los estudios y la dicomización de archivos imagenológicos de oftalmología.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

2.2. Información que se maneja

Dentro del flujo de trabajo en que se desarrolla el sistema, se realiza la gestión de las imágenes y videos generados por los equipos de adquisición de imágenes y modalidades médicas. Se le asocia a dichos objetos la información correspondiente al paciente que se realiza el examen, los datos del estudio y de la entidad médica, para llevar a cabo el proceso de dicomización.

2.3. Sistema propuesto

Después de haber realizado un análisis de la situación actual y una lectura de las especificidades del estándar DICOM 3.0, para dar solución a la problemática existente con la estandarización de la información en los centros médicos especializados en oftalmología, se decide desarrollar un sistema que sea capaz de llevar a cabo el registro de los estudios imagenológicos y la dicomización de los archivos que contienen los mismos. El Registrador de estudios imagenológicos deberá estar unido a un visor base o a un equipo de adquisición de imágenes garantizando la transmisión y el almacenamiento de los ficheros ya dicomizados hacia un servidor DICOM.

Con un sistema como el propuesto anteriormente se logrará poder restablecer el flujo de trabajo de un sistema PACS para un entorno no estandarizado bajo el formato DICOM, disponiendo así de los archivos médicos que tributan a un mejor seguimiento y entendimiento de las patologías de los pacientes. De esta forma se mejorarán en gran medida los indicadores de salud y la atención a la población.

El registro de estudios imagenológicos de forma manual puede provocar errores en la introducción de los datos así como inconsistencia y redundancia entre los almacenados en el RIS y los introducidos en el PACS. Por esta razón se incluye en la investigación la realización del modelado de un cliente de listas de trabajo que brinde al sistema anteriormente propuesto la lista de trabajo de exámenes a realizar en cada equipo.

2.4. Modelo de domino

Debido a la imposibilidad que se presenta para encontrar procesos claramente definidos para enfrentar el mecanismo de registro de estudios imagenológicos y de dicomización de los ficheros, se propone la realización de un Modelo Conceptual o de Dominio en el cual se relacionan conceptos que se ponen de manifiesto en los centros especializados en oftalmología.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

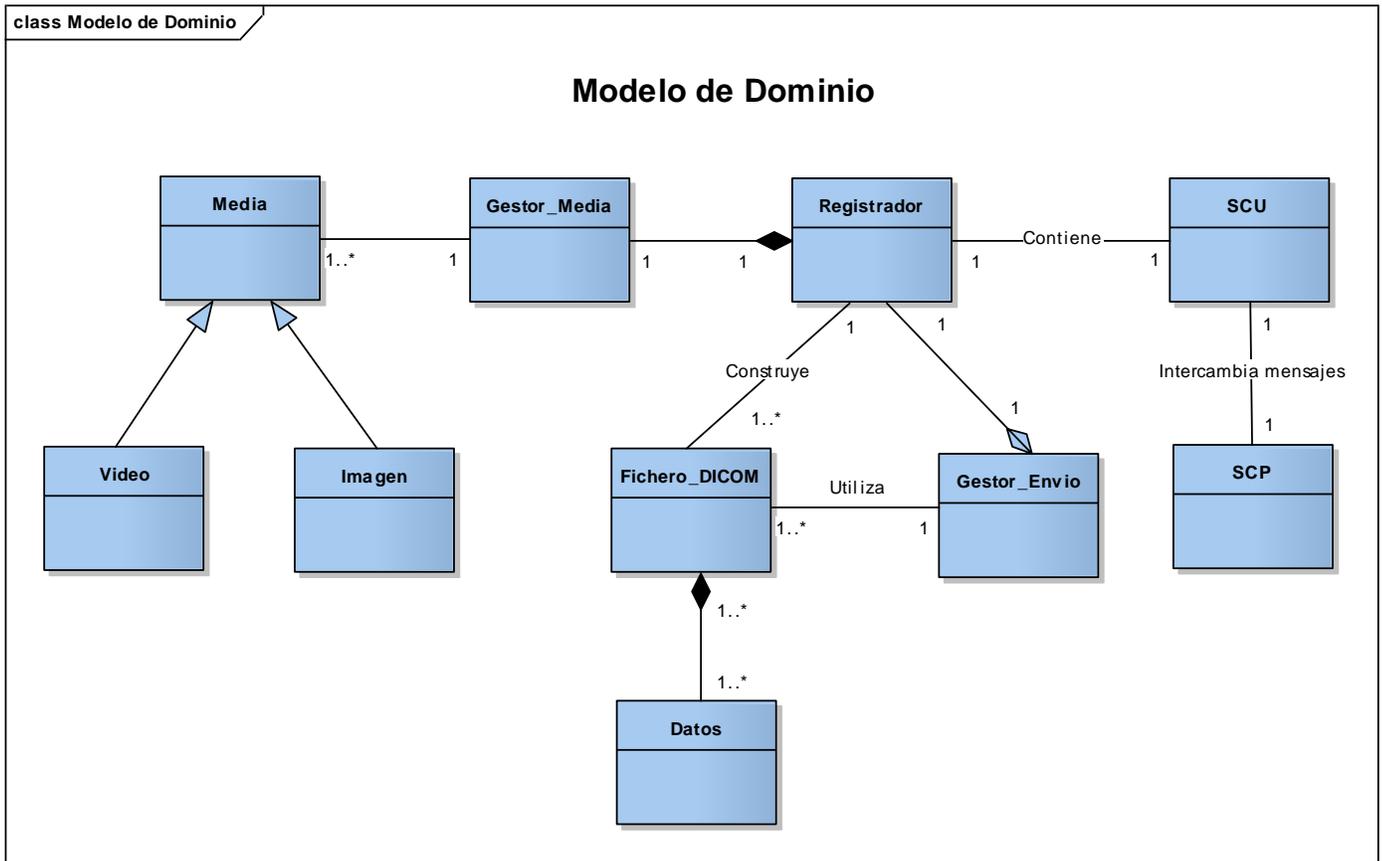


Figura 2.1: Modelo de Dominio.

2.5. Especificación de requerimientos del software

Para llevar a cabo el desarrollo de un sistema que cumpla con los requerimientos establecidos por los clientes finales del software y que cumpla con las normas de calidad de forma concreta se realiza un proceso de descripción de requerimientos. El correcto planteamiento de los requisitos representa un papel primordial en el proceso de producción de software. Estos se enfocan a la definición de lo que se desea producir y lo que se requiere para su correcto funcionamiento. Su principal tarea consiste en la generación de especificaciones correctas que describan con claridad, sin ambigüedades, en forma consistente y compacta, el comportamiento del sistema. De esta manera, se pretende minimizar los problemas relacionados al desarrollo del sistema.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

2.5.1.Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales son capacidades o condiciones que el sistema debe cumplir (ISW_UCI, 2008-2009). La tabla 2.1 muestra la relación de los requerimientos funcionales del Registrador.

Alias	Requerimiento	Descripción
RF 1.1	Introducir datos manualmente.	Realizar el proceso de entrada de datos de los pacientes de forma manual a través del teclado.
RF 1.2	Introducir datos a través de una lista de trabajo.	Realizar el proceso de entrada de datos de los pacientes utilizando las listas de trabajo solicitadas a un servidor de listas de trabajo.
RF 1.3	Solicitar listas de trabajo.	Realizar la petición de las listas de trabajo a un servidor Worklist a través del servicio Find-Indication, utilizando un cliente de listas de trabajo.
RF 2.1	Verificar Conexión a Servidor DICOM.	Realizar solicitud de confirmación de disponibilidad a un servidor DICOM mediante el servicio DICOM C-ECHO.
RF 2.2	Verificar Conexión a Servidor Worklist.	Realizar solicitud de confirmación de disponibilidad a un servidor Worklist mediante el servicio DICOM C-ECHO.
RF 3.1	Especificar tipo de ojo.	Permitir al usuario que pueda realizar cambios en la especificación del ojo al que pertenece la imagen o el video del cual se le muestra una vista previa (ojo izquierdo, ojo derecho).
RF 3.2	Mostrar vista previa de las imágenes.	Al seleccionar una imagen o un video en la lista de archivos, se le muestra al usuario una vista previa de los mismos para que pueda realizar su interpretación y hacer especificaciones necesarias como el ojo al que pertenece el

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Alias	Requerimiento	Descripción
		archivo en cuestión.
RF 4.1	Capturar archivos manualmente.	Capturar las imágenes y videos de forma manual, a través de un openDialog, para su posterior registro y dicomización.
RF 5.1	Capturar archivos automáticamente.	Establecer vigilancia sobre el repositorio local donde los equipos de adquisición realizan la salva de las imágenes y los videos para capturar los mismos de forma automática, para su posterior dicomización.
RF 6.1	Envío de mensajes de confirmación	Realizar el envío de mensajes de confirmación (MPPS) a un servidor Worklist para reportar el estado en el que se encuentra la conformación del estudio imagenológico (Comenzado, en Proceso, Cancelado, Terminado).
RF 6.2	Dicomizar imágenes.	Realizar conversión de imágenes a formato DICOM (dcm) y guardar los archivos resultantes en una carpeta establecida por el usuario a través de la configuración.
RF 6.3	Dicomizar videos.	Realizar conversión de videos en formato avi a formato DICOM (dcm) y guardar los archivos resultantes en una carpeta establecida por el usuario a través de la configuración.
RF 7.1	Configurar servidor de imágenes.	Adicionar, editar y eliminar información referente a los servidores de imágenes, disponibles.
RF 7.2	Configurar servidor Worklist	Adicionar, editar y eliminar información referente a los servidores de listas de trabajo disponibles.
Alias	Requerimiento	Descripción

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

RF 8.1	Configurar Registrador	Adicionar, editar y eliminar la información referente a la entidad médica donde se encuentre instalado el Registrador, el nombre del operador, el modelo de equipo de adquisición donde se realiza el estudio imagenológico, etc....
RF 9.1	Almacenar archivos en servidor de imágenes.	Posibilitar el almacenamiento de los archivos dicomizados en el servidor de imágenes del centro médico para que estos estén disponibles y se pueda acceder a ellos desde cualquier estación de trabajo de la entidad médica.

Tabla 2.1: Requerimientos funcionales del Registrador.

En la figura 2.2 se muestra el diagrama de requerimientos funcionales del Registrador agrupados por paquetes lógicos con el objetivo de ganar organización en el desarrollo de la presente investigación. Además de ello, se garantiza tener los requerimientos funcionales agrupados según su relación o colaboración para conformar una funcionalidad significativa para la aplicación.

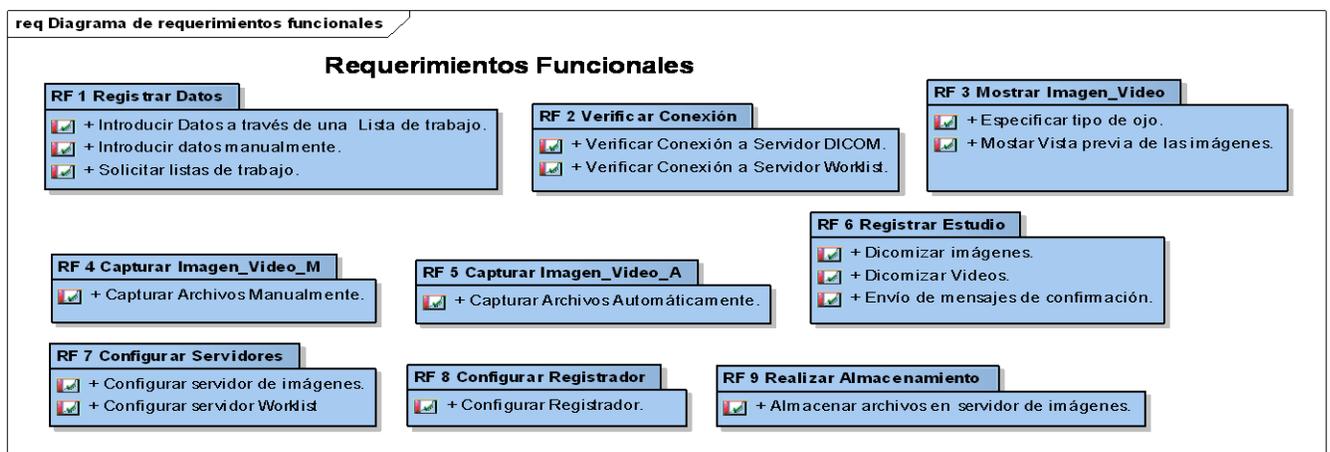


Figura # 2.2: Diagrama de requerimientos funcionales del Registrador.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

2.5.2.Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son propiedades o cualidades que el producto debe tener. Debe pensarse en estas propiedades como las características que hacen al producto atractivo, usable, rápido o confiable (ISW_UCI, 2008-2009). En la tabla 2.2 se muestran los requerimientos no funcionales del Registrador.

Categoría	Requerimiento	Descripción
Seguridad	Distribución autorizada.	A la aplicación se le realizará el proceso de ofuscación de su código fuente, para regular la correcta instalación de la misma, e impedir que pueda ser distribuida sin autorización.
Software	C# como lenguaje de programación.	C# está diseñado y optimizado para la plataforma .NET por lo que se obtendría un código muy eficiente en aquellos puntos de la aplicación que son críticos.
Software	Utilizar .NET framework v2.0.	Se utilizará este framework debido a que el lenguaje C# corre sobre él y es fácil de usar.
Usabilidad	Fácil de Configurar.	La configuración de la aplicación será intuitiva, se utilizarán identificadores sugerente y se agrupará correctamente la información que se encuentre relacionada.
Usabilidad	Acceso directo a las funcionalidades más utilizadas.	Se utilizarán elementos que sean conocidos por el usuario y basados en la experiencia adquirida a través de otras aplicaciones conocidas por él. Se Permitirá el acceso por teclado a las funcionalidades más importantes de la aplicación, tales como: Abrir Archivos del ojo izquierdo, Abrir

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

		Archivos del ojo derecho, Realizar el envío de los archivos hacia un servidor de imágenes y hacer la solicitud de listas de trabajo a un servidor Worklist.
Usabilidad	Navegar por la lista de archivos mostrados.	Permitir al usuario la navegación a través del treeView donde se muestran los archivos capturados. Esto se hará de forma intuitiva a través de la estructura conocida por el usuario (moverse hacia arriba y hacia abajo).
Usabilidad	Especificar tipo de ojo previo a la captura de los archivos.	Posibilitar al usuario que pueda realizar la captura de las imágenes y los videos en dependencia del tipo de ojo al que pertenecen los archivos, para agilizar el proceso de registro de los datos del estudio imagenológico.
Usabilidad	Mostrar tipo de ojo cuando es seleccionado el archivo.	Al seleccionar una imagen de la lista que se muestra en el Treview se mostrara el tipo de ojo al que pertenece la misma en los radiobutton (ojo izquierdo y ojo derecho) para que este conozca la información en caso de que necesite realizar un cambio.
Usabilidad	Crear nuevo estudio.	Se le brinda la posibilidad al usuario que una vez que capture al menos una imagen o video de un paciente y realice la inserción de los datos del estudio imagenológico en cuestión, no tenga que realizar la conversión de los mismo sino de que pueda crear un nuevo estudio garantizando que lleve a cabo la conversión a formato DICOM cuando estime conveniente.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Rendimiento	Escalabilidad.	Se trabajará utilizando delegados y eventos para posibilitar las especificaciones necesarias, para que la aplicación soporte un gran volumen de medias y las gestione rápida y eficientemente en un período corto de tiempo.
Licencia	Licencia de MyDICOM.Net 5.X.	Se adquirió la licencia del Toolkit de MyDICOM.Net 5.X para su utilización en el desarrollo del producto.

Tabla # 2.2: Requerimientos no funcionales del Registrador.

En la figura 2.3 se muestra el diagrama de requerimientos no funcionales del Registrador, con el objetivo fundamental de agruparlos según su categoría y poder ganar en organización y estructuración de la documentación que se utilizará como guía para el desarrollo del Registrador.

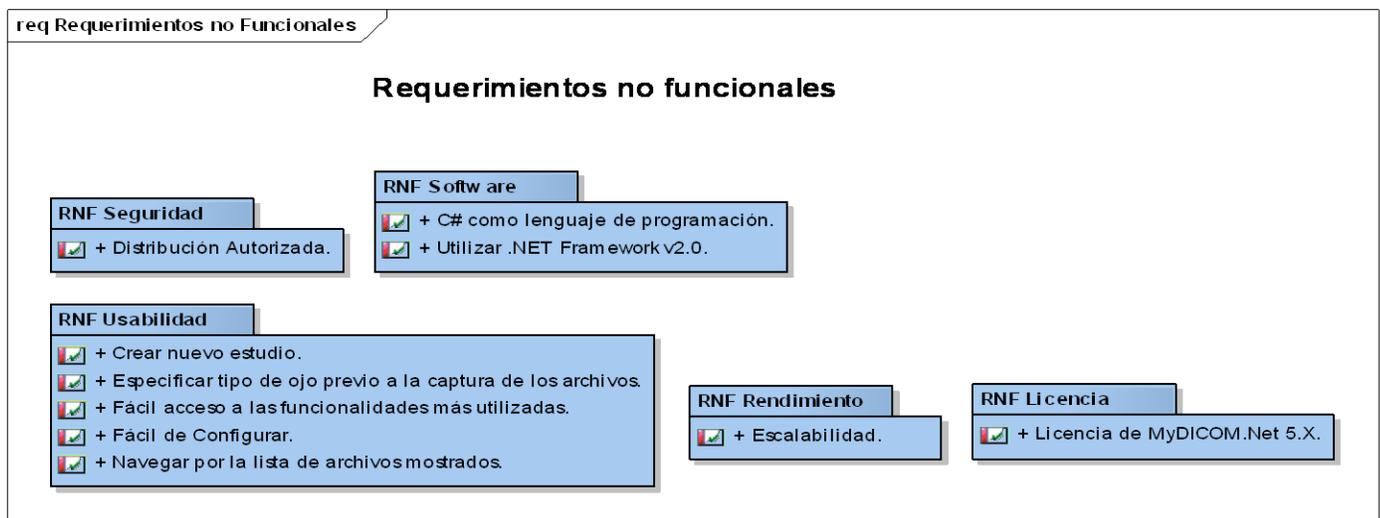


Figura # 2.3: Diagrama de requerimientos no funcionales del Registrador.

2.6. Definición de los actores del sistema

Los actores del sistema suelen corresponderse con los trabajadores del negocio y en algunas ocasiones con los actores del mismo. Un actor juega un papel por cada caso de uso con el que colabora

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

representando terceros fuera del sistema, por lo cual una vez que se han identificado todos los actores del sistema se tiene identificado el entorno externo al mismo. Los actores del sistema no son parte de él, pero pueden intercambiar información con él y ser un recipiente pasivo de información, además, pueden representar el rol que juega una o varias personas, un equipo o un sistema automatizado. A continuación se justifican los actores del sistema propuesto:

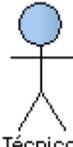
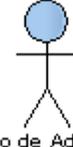
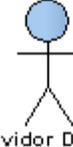
Actores	Descripciones
 Técnico	Persona que labora directamente con los equipos de adquisición de imágenes y modalidades médicas, realiza la configuración del Registrador y el proceso de configuración de los archivos a formato DICOM.
 Equipo de Adquisición	Equipo que genera las imágenes y los videos de oftalmología en formatos no compatibles con el estándar DICOM 3.0.
 Servidor DICOM	Sistema externo con el cual se interactúa para realizar el proceso de salva de los archivos DICOM.
 Servidor Worklist	Sistema externo con el cual se interactúa a través del intercambio de mensajes, con el objetivo de obtener las listas de trabajo para cada equipo de adquisición.

Tabla # 2.3: Actores del sistema y sus descripciones.

2.7. Diagrama de casos de uso del sistema.

Un diagrama de casos de uso del sistema representa gráficamente los procesos y su interacción con los actores, describiendo lo que hace el sistema para cada tipo de usuario. Cada tipo de usuario se representa mediante uno o más actores, también se representa mediante uno o más actores cada sistema externo con el que interactúa el sistema, incluyendo los dispositivos.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El diagrama de casos de uso del sistema se encuentra dividido en paquetes con el objetivo de hacer más fácil el entendimiento y comprensión del mismo. Los paquetes son un mecanismo de propósito general para organizar elementos en grupos, dividiendo el sistema en pequeñas partes que colaboran entre sí.

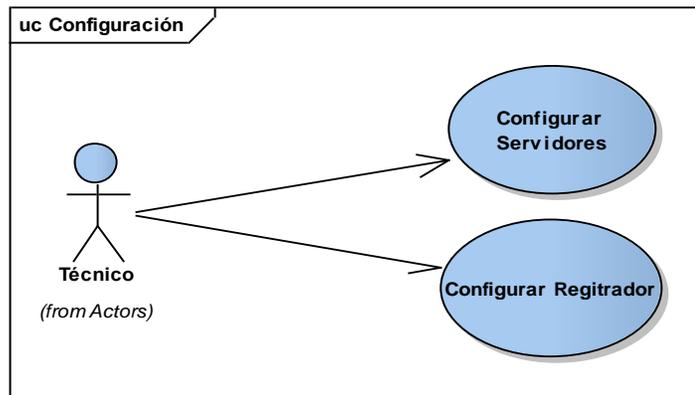


Figura # 2.4: Diagrama de Casos de Uso del proceso de Configuración.

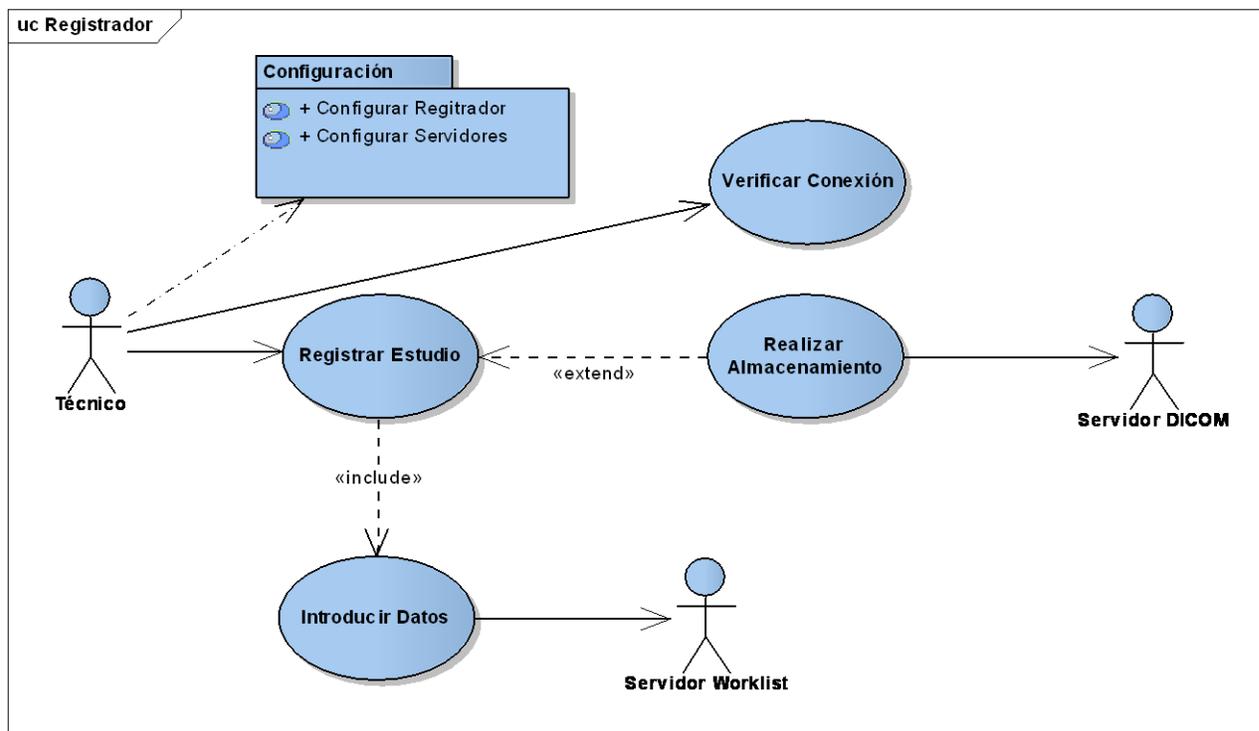


Figura # 2.5: Diagrama de Casos de Uso del proceso de Registro.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

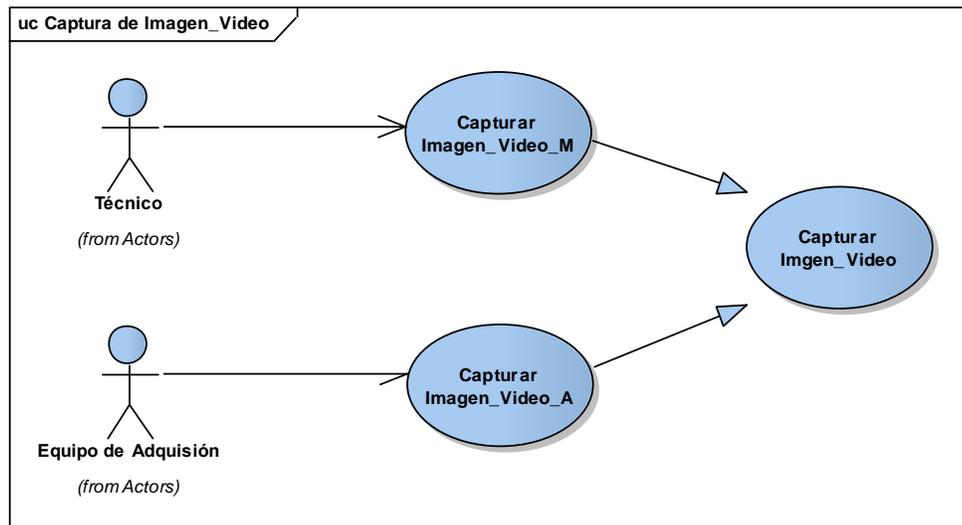


Figura # 2.6: Diagrama de Casos de Uso del proceso Captura de Imagen_Video.

2.8. Descripción de los casos de uso del sistema.

A continuación se muestran las descripciones de los casos de uso del sistema del Registrador, para un mejor entendimiento de las responsabilidades o funcionalidades que deben desarrollar cada uno de ellos.

CU-1	Adquirir Datos (incluido)
Actor	-
Descripción	Este proceso se encarga de monitorear el proceso de entrada de datos de paciente que se realiza el estudio imagenológico. La entrada de datos puede ser de forma manual o a través de la solicitud de una lista de trabajo a un servidor. Se especifica a qué tipo de ojo pertenecen los archivos correspondientes al paciente en cuestión.
Referencia	RF 1.1, RF 1.2, RF 1.3

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

CU-2	Verificar Conexión
Actor	Técnico
Descripción	Solicitud de confirmación de disponibilidad al servidor DICOM compatible.
Referencia	RF 2.1, RF 2.2

CU-3	Capturar Imagen_Video
Actor	Técnico
Descripción	Se realiza la especificación del ojo al que pertenecen las imágenes y los videos capturados. Se le brinda la posibilidad al usuario de visualizar una vista previa de la imagen seleccionada por él, para saber si esta pertenece al ojo izquierdo o al derecho y para realizar cambio en esta especificación en caso de que fuese necesario.
Referencia	RF 4.1

CU-4	Capturar Imagen_Video_M
Actor	Técnico
Descripción	Es el proceso que engloba la acción de seleccionar de forma manual, las imágenes o los videos que posteriormente sufrirán el proceso de dicomización.
Referencia	RF 4.1

CU-5	Capturar Imagen_Video_A
Actor	Equipo de Adquisición

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Descripción	El equipo de adquisición de imágenes médicas genera las imágenes y los videos que conforman un estudio imagenológico, ubicando dichos archivos en un repositorio local que estará vigilado por el Registrador. Este último realizará una captura automática de esos ficheros, seleccionándolos para su posterior conversión a formato DICOM.
Referencia	RF 5.1

CU-6	Registrar Estudio
Actor	Técnico
Descripción	Proceso encargado de garantizar el registro de los datos referentes al estudio imagenológico. Permite llevar a cabo el proceso de conversión de las imágenes y los videos a formato DICOM. Para ello se precisa tener algunos datos adquiridos de forma manual o a través de listas de trabajo, tales como: nombres y apellidos del paciente, sexo, carnet de identidad, fecha de nacimiento, la fecha en que se realiza el estudio imagenológico, entre otros. Se encarga también de la creación de las citas para la realización de los estudios imagenológicos de aquellos pacientes que no se encuentran previamente registrados en el servidor Worklist del centro en caso de la existencia del mismo.
Referencia	RF 6.1, RF 6.2, RF 6.3

CU-7	Configurar Servidores
Actor	Técnico
Descripción	El técnico añade edita o elimina la información relativa tanto a él (los) servidor(es) de imágenes o de Worklist con los cuales interactúa.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Referencia	RF 7.1, RF 7.2
-------------------	-----------------------

CU-8	Configurar Registrador
Actor	Técnico
Descripción	El técnico define o edita la carpeta de la cual el Registrador va a capturar las imágenes o los videos en caso de que se haga de forma automática, así como el nombre de la entidad de aplicación, del hospital y del técnico que opera dicho Registrador, entre otros.
Referencia	RF 8.1

CU-9	Realizar Almacenamiento (extendido)
Actor	-
Descripción	Se enfoca en el proceso de almacenamiento de los archivos ya convertidos a formato DICOM hacia un servidor de imágenes DICOM compatible.
Referencia	RF 9.1

2.9. Casos de uso arquitectónicamente significativos.

Los casos de uso arquitecturalmente significativos son aquellos que representan las partes más críticas de la arquitectura del sistema y demuestran la funcionalidad del mismo. Se realiza este proceso para así lograr las metas del negocio.

En la figura 2.7 se muestra la vista de casos de uso del Registrador. Estos casos de uso fueron definidos como arquitectónicamente significativos y parte del primer ciclo de desarrollo teniendo en cuenta que ellos

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

son indispensables para garantizar las utilidades principales de la aplicación, representando las bases del funcionamiento de la misma. Específicamente los casos de uso representados en esta vista son los responsables del proceso de registro de los estudios imagenológicos, incluyendo el proceso de conversión de los ficheros a formato DICOM.

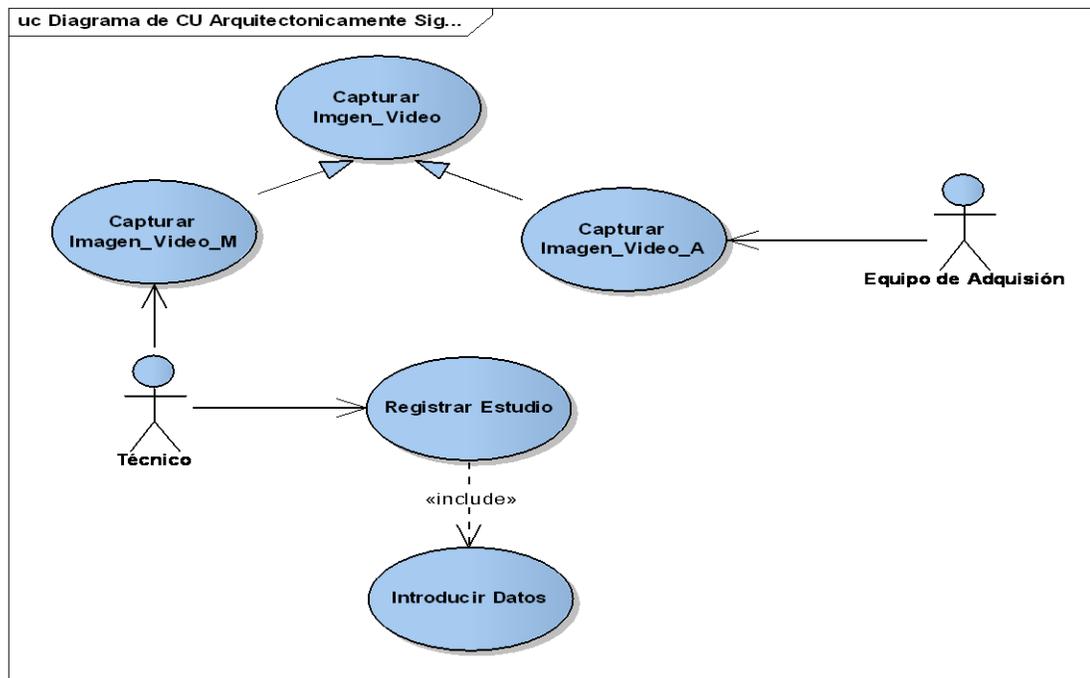


Figura # 2.7: Vista de Casos de Uso.

Para el segundo ciclo de desarrollo se definieron aquellos procesos que dependen de forma significativa de los definidos como arquitectónicamente significativos, aquellos que no son críticos tales como: Realizar Almacenamiento, Verificar Conexión, Configurar Servidores, Configurar Registrador.

En el [Anexo I](#) de la presente investigación se encuentra la descripción textual detallada de los casos de usos arquitectónicamente significativos.

2.10. Ventajas de la aplicación.

El sistema propuesto ofrece mejoras considerables sobre el flujo de actividades que se llevan a cabo en los departamentos de oftalmología, posibilitando que se brinde con mayor eficiencia, calidad y rapidez un

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

diagnóstico médico a un paciente. El mismo ofrece viabilidad al flujo de trabajo de entornos no estandarizado bajo el formato DICOM.

Algunas mejoras que permite la aplicación en el flujo de trabajo de una entidad médica pueden ser:

- Se logra el registro de los estudios imagenológicos y la estandarización u homogenización de la información dentro del flujo de trabajo de un entorno PACS, permitiendo a su vez:
 - ✓ La centralización de los archivos generados por los equipos de adquisición de imágenes y modalidades médicas en un mismo servidor de imágenes.
 - ✓ La visualización de los archivos desde cualquier estación de trabajo o diagnóstico de la entidad médica.
 - ✓ El técnico no necesita solicitar los datos demográficos a los pacientes teniendo en cuenta que estos pueden haber sido registrados con anterioridad.
 - ✓ Se le posibilita al especialista que conozca a través RIS el estado en que se encuentra el estudio imagenológico debido a que la aplicación puede ser perfectamente vinculada a un entorno PACS/RIS integrado a través de un servidor de listas de trabajo.
- Se reducen problemas de inconsistencia entre los datos introducidos en el entorno PACS y los registrados por el RIS.
- Permite llevar el control sobre las actividades desarrollados en una entidad médica que se desarrolle dentro de un entorno donde los archivos generados por los equipos de adquisición no están regidos por lo establecido por el estándar DICOM.

En este capítulo se realizó el modelado del negocio a través de la representación de conceptos identificados en el mismo, debido a la ausencia de procesos claramente definidos. Se identificaron los requerimientos necesarios para la construcción de la aplicación y a raíz de ello se modeló el diagrama de casos de uso del sistema destacándose los procesos arquitectónicamente significativos. Además de ello se expusieron las ventajas prácticas que traería la utilización del Registrador.

CAPÍTULO 3. ARQUITECTURA Y DISEÑO

En este capítulo se abordará el diseño del Registrador. A pesar de que el Análisis del sistema es un flujo de trabajo que propone RUP y que el modelo de análisis representa una entrada esencial en el diseño, proporcionando una comprensión detallada de los requisitos y definiendo claramente la estructura del sistema; no es obligatoria su adopción, por lo que al tener los requerimientos bien definidos y claramente identificados los procesos que se quieren tratar en esta investigación, no se tendrá en cuenta la realización de este flujo de trabajo.

3.1. Diseño

En la fase de diseño se modela el sistema y se encuentra su forma (incluida la arquitectura) para que soporte todos los requisitos, incluyendo los no funcionales y las restricciones que se le suponen. Una entrada esencial en el diseño es el resultado del análisis, o sea el modelo de análisis pero como se expuso anteriormente, en la investigación no fue necesaria su realización debido a que había un entendimiento claro de los requerimientos. En la fase de diseño se logran objetivos puntuales y de vital importancia para el futuro resultado de la investigación tales como:

- Transformar los requerimientos a diseños del sistema.
- Desarrollar una arquitectura robusta para el sistema.
- Adaptar el diseño para hacerlo corresponder con el ambiente de implementación.

3.2. Modelo arquitectónico

La arquitectura de software es, a grandes rasgos, una vista del sistema que incluye los principales componentes del mismo, la conducta de esos componentes según se percibe desde el resto del sistema y las formas en que los componentes interactúan y se coordinan para alcanzar la misión del sistema. La vista arquitectónica es una vista abstracta, aportando el más alto nivel de comprensión y la supresión o diferimiento del detalle inherente a la mayor parte de las abstracciones.

CAPÍTULO 3: ARQUITECTURA Y DISEÑO

El Registrador está diseñado para ser capaz de realizar el proceso de registro de los estudios imagenológicos. Incluye el proceso de conversión de las imágenes y los videos a formato DICOM utilizando los datos registrados, de forma manual, o través de las listas de trabajo solicitadas a un servidor de Worklist. Dicha aplicación se comporta como un gateway, que enruta la información proveniente de los equipos de adquisición que no generan DICOM, hacia un servidor de imágenes disponible dentro de la institución médica.

En la figura 3.1 se muestra la interacción de los elementos o componentes de un entorno PACS ideal, donde los archivos generados no son DICOM, en el cual se incluye el Registrador para vitalizar el flujo de información

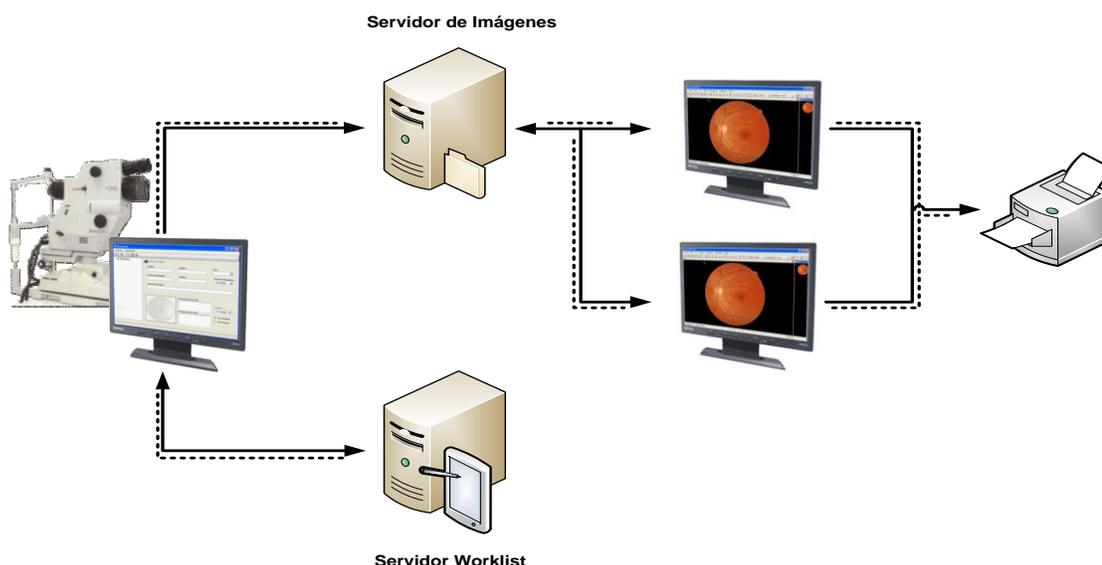


Figura # 3.1: Entorno no estandarizado bajo el formato DICOM con Registrador.

El modelo arquitectónico es sólido y extensible, por lo que posibilita que el Registrador sea íntegramente funcional en un ambiente totalmente desconectado, donde no exista un servidor Worklist y un servidor de Imágenes médicas. Para estos solo se necesitaría de una herramienta de visualización en la propia máquina donde el equipo de adquisición almacena las imágenes. El diseño fue conformado utilizando patrones de diseño, tales como: Factory y Proxy; los cuales posibilitan una alta cohesión y un bajo acoplamiento de las clases implicadas, brindando una aplicación más completa, generalizable y eficaz.

CAPÍTULO 3: ARQUITECTURA Y DISEÑO

Internamente la aplicación está distribuida en capas lógicas. Presenta las capas Interfaz, Negocio, Servicios y Acceso a Datos. Específicamente la capa de negocio se encarga de la gestión de medias para su posterior dicomización y envío hacia un servidor DICOM compatible en caso de la existencia del mismo dentro del centro médico. La capa de servicios se encarga de todo el control de los servicios DICOM que se consumen durante la ejecución de los procesos desarrollados por el Registrador. Para la gestión de los datos de la configuración de la aplicación se creó la capa de Acceso a Datos.

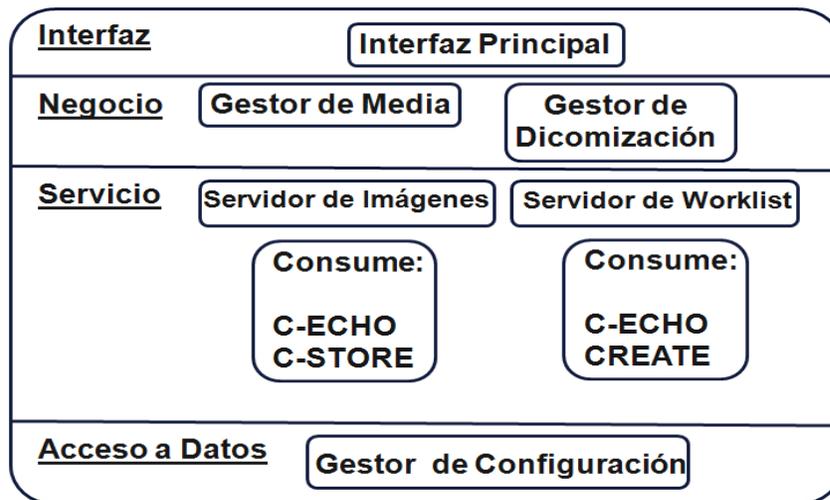


Figura # 3.2: Arquitectura del Registrador.

3.3. Diagramas de clases de diseño

Los diagramas de clases son usados para mostrar las clases y paquetes que conforman el sistema. Estos diagramas brindan una vista estática de los elementos lógicos que componen un sistema y sus relaciones.

Para un mejor entendimiento de los requerimientos y de los procesos planteados para el desarrollo de esta investigación expresados en clases de diseño se realizaron los diagramas de clases del diseño, los cuales se encuentran en el [Anexo II](#) del presente trabajo de diploma.

Con el objetivo de lograr una mejor comprensión de las funcionalidades que desempeña cada una de las clases modeladas anteriormente, se realiza una descripción de las mismas, las que se encuentran plasmadas en el [Anexo III](#).

3.4. Diagramas de interacción

En este acápite se realizarán los diagramas de interacción de los casos de uso arquitectónicamente significativos con el objetivo de alcanzar un pleno entendimiento de las actividades que realizan cada uno de ellos y poder lograr que se realice una mejor implementación de los mismos. Todo esto teniendo en cuenta que son ellos los casos de uso base para todo el desarrollo del Registrador de estudios imagenológicos.

Un diagrama de interacción consiste en un conjunto de objetos y sus relaciones, incluyendo los mensajes que se pueden enviar entre ellos (ISW_UCI, 2008-2009).

Puntualmente los diagramas de secuencia muestran gráficamente las interacciones del actor y de las operaciones a que dan origen. El diagrama de secuencia muestra un determinado escenario de un caso de uso, los eventos generados por actores externos, su orden y los eventos internos del sistema, destacando el orden temporal de los mensajes (ISW_UCI, 2008-2009).

Para la realización de casos de uso de este trabajo de diploma utilizaremos los diagramas de secuencia pudiendo encontrar dichos diagramas de los casos de uso arquitectónicamente significativos en el [Anexo IV](#).

En el capítulo se presentaron los diagramas de clases del diseño, además los diagramas de secuencia de los casos de uso arquitectónicamente significativos. Se definió una arquitectura sólida y extensible en la cual se orquestan cada uno de los componentes que integrados conforman el Registrador.

CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN

En este flujo de trabajo se comienza con el resultado del diseño y se implementa el sistema en términos de componentes, es decir, ficheros de código fuente, scripts, ficheros de código binario, ejecutables y similares. Describe cómo los elementos del modelo del diseño se implementan en términos de componentes y cómo estos se organizan de acuerdo a los nodos específicos en el modelo de despliegue. (ISW_UCI, 2008-2009)

En este capítulo se exponen los componentes del Registrador de estudios imagenológicos, así como la forma en la que interactúan entre sí para posibilitar su correcto funcionamiento. Además de ello se muestra una vista del modelo de despliegue de la aplicación en un hospital especializado en Oftalmología que se enmarca dentro de un entorno donde los archivos generados por los equipos de adquisición no están en formato DICOM.

4.1. Diagrama de despliegue

Un diagrama de despliegue muestra las relaciones físicas entre los componentes hardware y software en el sistema final, es decir, la configuración de los elementos de procesamiento en tiempo de ejecución y los componentes software (procesos y objetos que se ejecutan en ellos). Estarán formados por instancias de los componentes software que representan manifestaciones del código en tiempo de ejecución (los componentes que sólo sean utilizados en tiempo de compilación deben mostrarse en el diagrama de componentes) (Vila, 2001).

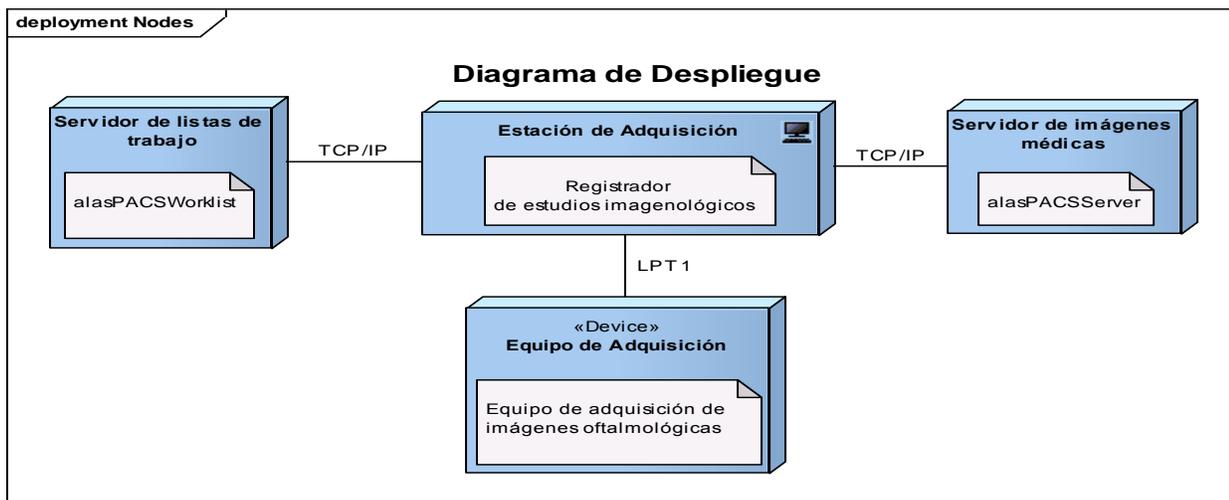


Figura # 4.1: Diagrama de Despliegue del Registrador.

4.2. Diagrama de Componentes

Los diagramas de componentes son usados para estructurar el modelo de implementación en términos de subsistemas de implementación y mostrar las relaciones entre los elementos de implementación. Se utilizan para modelar la vista estática de un sistema. Muestra la organización y las dependencias lógicas entre un conjunto de componentes software, sean éstos componentes de código fuente, librerías, binarios o ejecutables. (ISW_UCI, 2008-2009)

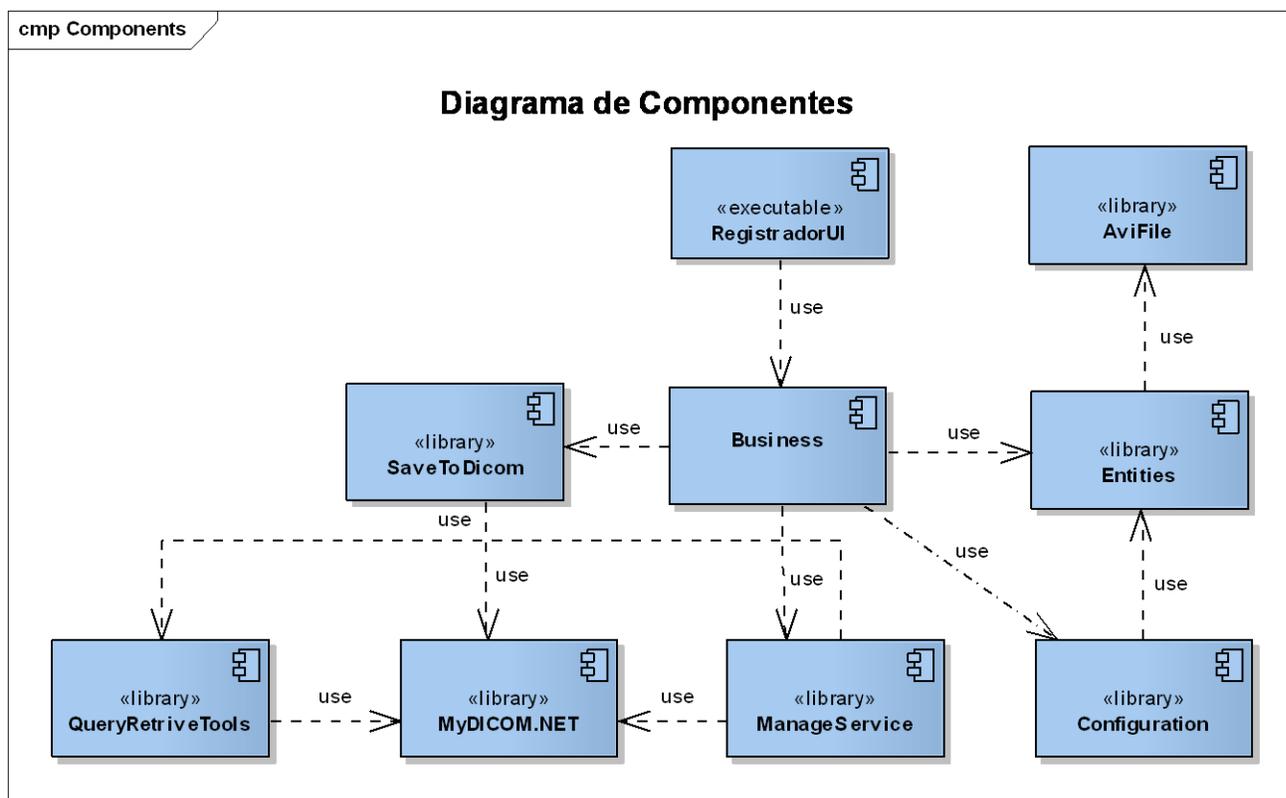
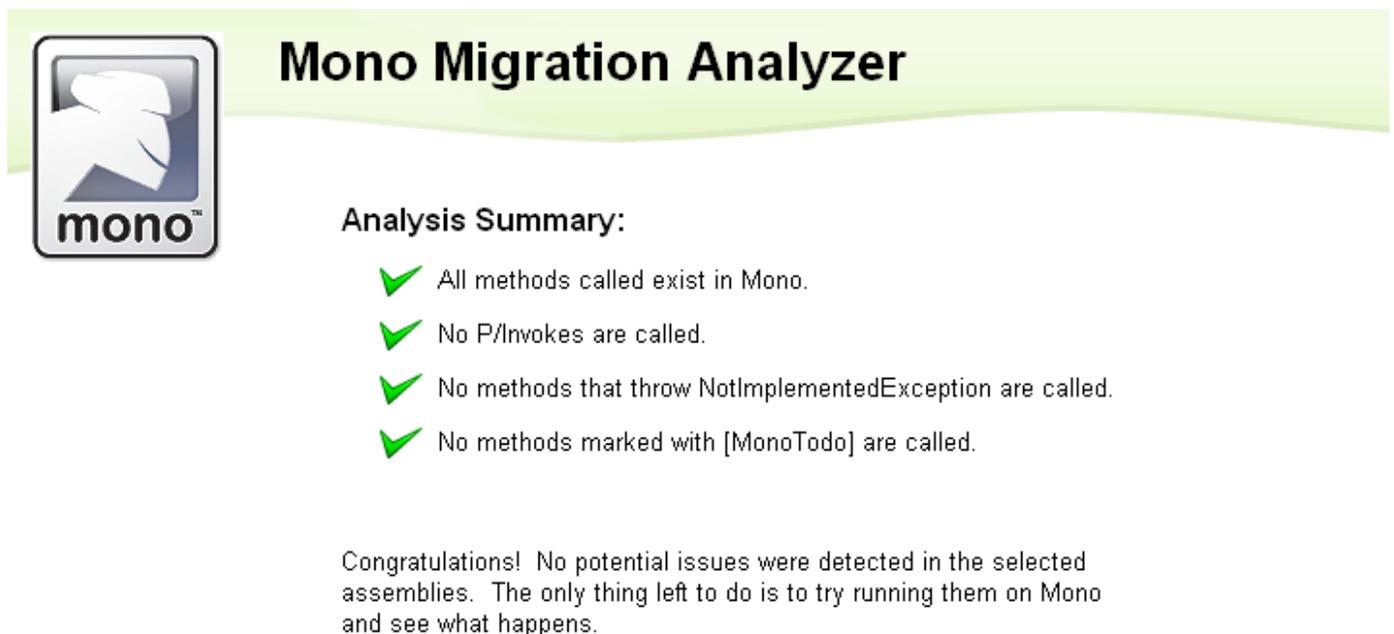


Figura # 4.2: Diagrama de Componentes del Registrador.

4.3. Compatibilidad con la plataforma libre

El Mono Migración Analyzer (MoMA) es una herramienta que posibilita la identificación de los problemas que se puedan presentar al realizar la migración de una aplicación desarrollada sobre .NET a plataforma MONO. Con esto vamos a poder identificar las zonas que aún no están soportadas por MONO.

En la figura 4.3 se muestran los resultados proyectados por MoMA al analizar íntegramente el Registrador de estudios imagenológicos.



The screenshot displays the Mono Migration Analyzer (MoMA) interface. On the left is the Mono logo, a white bird-like shape inside a square with the word "mono" below it. To the right, the title "Mono Migration Analyzer" is shown in a large, bold, black font. Below the title, the section "Analysis Summary:" is followed by four green checkmarks, each with a corresponding text item. At the bottom, a congratulatory message states that no potential issues were detected and suggests running the application on Mono to see what happens.

Mono Migration Analyzer

Analysis Summary:

- ✓ All methods called exist in Mono.
- ✓ No P/Invokes are called.
- ✓ No methods that throw NotImplementedException are called.
- ✓ No methods marked with [MonoTodo] are called.

Congratulations! No potential issues were detected in the selected assemblies. The only thing left to do is to try running them on Mono and see what happens.

Figura # 4.3: Resultados mostrados Moma.

En este capítulo se mostró el diagrama de despliegue, donde se ve la relación que hay entre los componentes que conforman el Registrador. También se representó el diagrama de componente donde se modeló la relación que existente entre los elementos que conforman dicho software. Además de ello se hicieron pruebas de compatibilidad con la plataforma MONO las cuales arrojaron resultados satisfactorios.

CONCLUSIONES

Se definió una arquitectura sólida y extensible, capaz de soportar la inclusión de nuevos servicios DICOM o funcionalidades operacionales al sistema.

Se obtuvo el modelado de la inclusión de servicios de listas de trabajo (Worklist SCU) para realizar la importación de los datos de los estudios imagenológicos que se encuentran como parte del control de turno de la institución médica.

Se logró el desarrollo de una aplicación informática para el registro de estudios imagenológicos que brinda específicamente una solución para equipos de Oftalmología.

El Registrador de estudios imagenológicos brinda la posibilidad de vitalizar el flujo de trabajo dentro de un entorno PACS donde los archivos generados por los equipos de adquisición de imágenes y modalidades médicas no están en formato DICOM.

RECOMENDACIONES

Con el objetivo de brindar a los técnicos y especialistas de los centros médicos mejores condiciones para alcanzar indicadores de salud de excelencia y a raíz de la experiencia acumulada durante el desarrollo de la presente investigación se recomienda:

- Continuar la investigación sobre la especialidad de Oftalmología en aras de enriquecer la solución propuesta.
- Extender el desarrollo del Registrador de forma tal que soporte todas las modalidades médicas que no generan DICOM.
- Corroborar la compatibilidad de la aplicación con la distribución Debian GNU/Linux 4.0r3 del sistema operativo Linux.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cruzalta, Luis Ricardo Maciel. 2008.** *E-prints in library and information Science*. [En línea] 9 de noviembre de 2008. [Citado el: 15 de noviembre de 2008.] http://eprints.rclis.org/14649/1/UN_ACERCAMIENTO_AL_SURGIMIENTO_DE_LAS_SOCIEDADES_INFORMACIONALES.pdf.
- D.Ronda, O.Ferrer, N.A.Alvarez. 2002.** [En línea] 26 de marzo de 2002. [Citado el: 15 de diciembre de 2008.] <http://www.hab2001.sld.cu/arrepdf/00190.pdf>.
- Espinoza, Norelkys.** *Acta Odontológica Venezolana* . [En línea] [Citado el: 5 de noviembre de 2008.] http://www.actaodontologica.com/ediciones/2005/2/equipos_imagen_digital_aplicacion_odontologia..asp.
- Imagen, Radiología e. 2002.** *Portal de Radiología e Imagen Diagnóstica Médica*. [En línea] 22 de septiembre de 2002. [Citado el: 13 de noviembre de 2008.] <http://usuarios.lycos.es/magaur/memoria/mediostectorres.pdf>.
- ISW_UCI. Entorno Virtual de Aprendizaje.** [En línea] [Citado el: 10 de febrero de 2009.] <http://teleformacion.uci.cu/mod/resource/view.php?id=13166>.
- . **2008-2009.** *Entorno Virtual de Aprendizaje*. [En línea] 2008-2009. [Citado el: 25 de marzo de 2009.] <http://teleformacion.uci.cu/mod/resource/view.php?id=12103>.
- . **2008-2009.** *Entorno Virtual de Aprendizaje*. [En línea] 2008-2009. [Citado el: 25 de marzo de 2009.] <http://teleformacion.uci.cu/mod/resource/view.php?id=13166>.
- . **2008-2009.** *Entorno Virtual de Aprendizaje*. [En línea] 2008-2009. [Citado el: 25 de marzo de 2009.] <http://teleformacion.uci.cu/mod/resource/view.php?id=14096>.
- Manzanaque. 2006.** *IES Torreón del Alcázar*. [En línea] 11 de mayo de 2006. [Citado el: 15 de diciembre de 2008.] http://www.iestorreondelalcazar.org/Sanidad/Imagen/ptir/flash/presen_pdf/UT08.pdf.
- Martínez, Alfonso Martínez y Maceda, Humberto Cervantes. 2006.** *Maestría en Ciencias y Tecnología de la Información*. [En línea] 14 de marzo de 2006. [Citado el: noviembre de 9 de 2008.] http://mcyti.izt.uam.mx/Maestria_archivos/proyectos/Propuesta_hcm_almm.pdf.
- Medina, David del Río, Sánchez, Carlos Bocanegra y Orcero, David Santo. 2009.** *Revista eSalud.com* . [En línea] 7 de enero de 2009. [Citado el: 20 de enero de 2009.] <http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/viewFile/261/608>.

Moreno, Víctor G. Ferreira, de la Paz, Jorge Iván Cifuentes and Fernández, Dalmys Amelia Cabrera. 2008. *Revista Cubana de Informática Médica*. [Online] marzo 6, 2008. [Cited: November 9, 2009.] http://www.cecam.sld.cu/pages/rcim/revista_15/articulos_pdf/siradiologico.pdf.

PAS, grupo. 2006. *PAS*. [En línea] 25 de mayo de 2006. [Citado el: noviembre de 10 de 2008.] <http://www.pas.deusto.es/recursos/DICOM.pdf>.

SPARX. SPARX SYSTEMS. [En línea] [Citado el: 25 de enero de 2009.] <http://www.sparxsystems.com.ar/index.html>.

Valen. 2008. *Valen Computer*. [En línea] 1 de septiembre de 2008. [Citado el: 20 de febrero de 2009.] http://www.valen.es/cas/gowin_dgi.html.

Vega Izaguirre, leodan and Planos González, Alejandro. 2008. *Alas RIS*. UCI, La Habana : 2008.

Vila, Ana Fernández. 2001. *Laboratorio de Televisión Digital Interactiva*. [En línea] 20 de marzo de 2001. [Citado el: 25 de marzo de 2009.] <http://tvdi.det.uvigo.es/~avilas/UML/node50.html>.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso. 2008.** *Facultade de Informática da Coruña.* [En línea] 12 de diciembre de 2008. [Citado el: 15 de diciembre de 2008.] <http://www.fic.udc.es/files/asignaturas/58IB/DICOM-cas.pdf>.
- Alonso. 2008.** *Facultade Informática da Coruña.* [En línea] 12 de diciembre de 2008. [Citado el: 17 de enero de 2009.] <http://www.fic.udc.es/files/asignaturas/58IB/DICOM-cas.pdf>.
- Ashva. 2009.** *Ashva Digital Healthcare.* [En línea] 13 de marzo de 2009. [Citado el: 20 de marzo de 2009.] <http://www.ashvatech.com/usa/products/converter.htm>.
- Bruce, Robert. 2003.** *OpenMed Technologies.* [En línea] 5 de junio de 2003. [Citado el: 20 de febrero de 2009.] <http://www.openmedtech.com/images/RIS.htm>.
- Cruzalta, Luis Ricardo Maciel. 2008.** *E-prints in library and information Science.* [En línea] 9 de noviembre de 2008. [Citado el: 15 de noviembre de 2008.] http://eprints.rclis.org/14649/1/UN_ACERCAMIENTO_AL_SURGIMIENTO_DE_LAS_SOCIEDADES_INFORMACIONALES.pdf.
- D.Ronda, O.Ferrer, N.A.Alvarez. 2002.** [En línea] 26 de marzo de 2002. [Citado el: 15 de diciembre de 2008.] <http://www.hab2001.sld.cu/arrepdf/00190.pdf>.
- DICOM™.** *My DICOM.* [En línea] [Citado el: 17 de noviembre de 2008.] <http://www.mydicom.net/>.
- Espinoza, Norelkys.** *Acta Odontológica Venezolana .* [En línea] [Citado el: 5 de noviembre de 2008.] http://www.actaodontologica.com/ediciones/2005/2/equipos_imagen_digital_aplicacion_odontologia..asp.
- ETIAM. 2008.** *Multimedia connectivity for healthcare.* [En línea] 8 de enero de 2008. [Citado el: 26 de enero de 2009.] http://www.etiam.com/download/MKTG/SalesTools/EN/DICOM_Izer_brochure_US.pdf.
- Feregrino, Claudia, González, Rodolfo y Sánchez, Karen B. 2004.** *Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.* [En línea] 5 de octubre de 2004. [Citado el: 26 de enero de 2009.] <http://ccc.inaoep.mx/~cferegrino/Publicaciones/articulos/InterfazHwRadiologia.pdf>.
- Hera, Paula de Toledo. 2008.** *Integrating the Healthcare Enterprise España.* [En línea] 18 de marzo de 2008. [Citado el: 10 de diciembre de 2008.] <http://www.ihe-e.org/docweb/presentaciones/IHERad2008-Es.pdf>.
- Ideas, Nuevas.** [En línea] [Citado el: 26 de marzo de 2009.] <http://nidea-soluciones.blogspot.com/2006/11/diseo-de-una-worklist-dicom.html>.

Imagen, Radiología e. 2002. *Portal de Radiología e Imagen Diagnóstica Médica*. [En línea] 22 de septiembre de 2002. [Citado el: 13 de noviembre de 2008.] <http://usuarios.lycos.es/magaur/memoria/mediostectorres.pdf>.

ISOTECH. [En línea] [Citado el: 20 de marzo de 2009.] <http://www.issotech.com.ar/?k=sistemaintegradodediagnocoporimnes>.

ISW_UCI. *Entorno Virtual de Aprendizaje*. [En línea] [Citado el: 10 de febrero de 2009.] <http://teleformacion.uci.cu/mod/resource/view.php?id=13166>.

—. **2008-2009.** *Entorno Virtual de Aprendizaje*. [En línea] 2008-2009. [Citado el: 25 de marzo de 2009.] <http://teleformacion.uci.cu/mod/resource/view.php?id=12103>.

—. **2008-2009.** *Entorno Virtual de Aprendizaje*. [En línea] 2008-2009. [Citado el: 25 de marzo de 2009.] <http://teleformacion.uci.cu/mod/resource/view.php?id=13166>.

—. **2008-2009.** *Entorno Virtual de Aprendizaje*. [En línea] 2008-2009. [Citado el: 25 de marzo de 2009.] <http://teleformacion.uci.cu/mod/resource/view.php?id=14096>.

Josep, Julià Rigau. [En línea] [Citado el: 16 de febrero de 2009.] http://www.radiolegsdecatalunya.cat/congres/julia_rigau.ppt.

KayPENTAX. 2008. KayPENTAX. [En línea] 16 de junio de 2008. [Citado el: 9 de febrero de 2009.] <http://www.kayelemetrics.com/Product%20Info/DICOM/dicom.htm>.

Manzaneque. 2006. *IES Torreón del Alcázar*. [En línea] 11 de mayo de 2006. [Citado el: 15 de diciembre de 2008.] http://www.iestorreondelalcazar.org/Sanidad/Imagen/ptir/flash/presen_pdf/UT08.pdf.

Martínez, Alfonso Martínez y Maceda, Humberto Cervantes. 2006. *Maestría en Ciencias y Tecnología de la Información*. [En línea] 14 de marzo de 2006. [Citado el: noviembre de 9 de 2008.] http://mcyti.izt.uam.mx/Maestria_archivos/proyectos/Propuesta_hcm_almm.pdf.

MEDIMAGEN. 2006. *MEDIMAGEN*. [En línea] 17 de noviembre de 2006. [Citado el: 26 de enero de 2009.] http://www.medimagen.com/dicom_izer.htm.

Medina, David del Río, Sánchez, Carlos Bocanegra y Orcero, David Santo. 2009. *RevistaSalud.com*. [En línea] 7 de enero de 2009. [Citado el: 20 de enero de 2009.] <http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/viewFile/261/608>.

Moreno, Víctor G. Ferreira, de la Paz, Jorge Iván Cifuentes and Fernández, Dalmys Amelia Cabrera. 2008. *Revista Cubana de Informática Médica*. [Online] marzo 6, 2008. [Cited: November 9, 2009.] http://www.cecam.sld.cu/pages/rcim/revista_15/articulos_pdf/siradiologico.pdf.

- O'Donnell, Kevin.** *Digital Imagine in Communication in Medicine.* [En línea] [Citado el: 16 de marzo de 2009.] http://medical.nema.org/dicom/Singapore_Pres/S13_KevinO%27Donnell_Workflow.ppt .
- PAS, grupo.** 2006. *PAS.* [En línea] 25 de mayo de 2006. [Citado el: noviembre de 10 de 2008.] <http://www.pas.deusto.es/recursos/DICOM.pdf>.
- Republic, Tech.** *Tech Republic.* [En línea] [Citado el: 23 de marzo de 2009.] [http://software.techrepublic.com.com/search.aspx?kw=Dicm+Modality+WorkList+Client+2.1+\(Windows\)](http://software.techrepublic.com.com/search.aspx?kw=Dicm+Modality+WorkList+Client+2.1+(Windows)).
- Rovira, Francisco Bordils y Díaz, Miguel Chavarría.** 2005. *Telemedicina FMBUAP.* [En línea] 11 de mayo de 2005. [Citado el: 15 de octubre de 2008.] http://www.telemedicina.buap.mx/PaginaNueva/Archivos/TR_4.pdf.
- Sánchez, Carlos Royo y Sevilla, Jose María.** 2005. [En línea] 11 de mayo de 2005. [Citado el: 20 de marzo de 2009.] <http://kb.good-ehealth.org/downloadFieldDocument.do?documentId=10>.
- Scribd.** *Scribd.* [En línea] [Citado el: 15 de diciembre de 2008.] <http://www.scribd.com/doc/508958/PACSRIS-CHARLA-PRINCESA>.
- SPARX.** *SPARX SYSTEMS.* [En línea] [Citado el: 25 de enero de 2009.] <http://www.sparxsystems.com.ar/index.html>.
- SRDC.** *Software Research and Development Center.* [En línea] [Citado el: 28 de marzo de 2009.] <http://www.srdc.metu.edu.tr/webpage/seminars/Healthcare/dicom.ppt>.
- Systems_Thinking.** 2008. *Thinking Systems.* [En línea] 25 de diciembre de 2008. [Citado el: 20 de enero de 2009.] <http://www.thinkingsystems.com/NuGateway.html>.
- TeleLAB-DICOM.** 2008. [En línea] 28 de febrero de 2008. [Citado el: 16 de enero de 2009.] <http://www.telenet.com.mx/~grupolab/telelab-.htm>.
- Tomczak, David.** [En línea] [Citado el: 7 de febrero de 2009.] http://www.imagingeconomics.com/issues/articles/2002-09_03.asp.
- Toshiba.** 2000. *Toshiba.* [En línea] 21 de marzo de 2000. [Citado el: 16 de marzo de 2009.] http://www.toshiba-medical.co.jp/tmd/english/dicom/index_files/miict0030ea.pdf.
- Valen.** 2008. *Valen Computer.* [En línea] 1 de septiembre de 2008. [Citado el: 20 de febrero de 2009.] http://www.valen.es/cas/gowin_dgi.html.
- Vega Izaguirre, leodan and Planos González, Alejandro.** 2008. *Alas RIS.* UCI, La Habana : 2008.

BIBLIOGRAFÍA

Vila, Ana Fernández. 2001. *Laboratorio de Televisión Digital Interactiva*. [En línea] 20 de marzo de 2001. [Citado el: 25 de marzo de 2009.] <http://tvdi.det.uvigo.es/~avilas/UML/node50.html>.

ANEXOS

Anexo I. Descripción ampliada de los casos de uso del sistema.

I.1 Caso de uso del sistema: Adquirir Datos.

Caso de Uso 1	Adquirir Datos(incluido)	
Actores	Técnico	
Resumen	Este proceso se encarga de monitorear el proceso de entrada de datos de paciente que se realiza el estudio imagenológico. El caso de uso cuenta con dos escenarios, uno para la entrada de datos de forma manual y la segunda a través de la solicitud de una lista de trabajo a un servidor.	
Referencia	RF 1.1, RF 1.2, RF 1.3	
CU asociados		
Precondiciones	Se debe haber ejecutado el caso de uso Capturar Imagen_Video	
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
<p>a) Si el técnico decide que el llenado de los datos del estudio imagenológico se hará de forma manual, ir a la sección “Introducir datos de forma manual”</p> <p>b) Si el técnico decide que el llenado de los datos del estudio imagenológico se hará utilizando la lista trabajo que brinda el Servidor de Worklist, ir a la</p>		

sección “Introducir datos utilizando lista de trabajo” .	
Sección: “Introducir datos de forma manual”	
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. El técnico teclea los datos que se le solicitan, referentes al estudio imagenológico.	1.1 El sistema muestra los datos que especifica el técnico, a través de la interfaz de usuario. 1.2 El sistema valida que los datos introducidos están en el formato correcto y alerta en caso de que no lo estén.
Sección: “Introducir datos utilizando lista de trabajo”	
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. El técnico solicita la lista de trabajo para el equipo de adquisición.	1.1 El sistema hace una solicitud de lista de trabajo al servidor de Worklist que tiene asignado por configuración. 1.3 El sistema muestra al técnico a través de una interfaz la lista de trabajo que le devolvió el servidor de Worklist.

2. Si el técnico encuentra el paciente al cual le va realizar el examen en dicha lista de trabajo, lleva a cabo la selección del mismo.	2.1 El sistema toma de la lista de trabajo los datos del paciente que necesita para el registro del estudio imagenológico y los muestra en la interfaz principal del registrador.
Flujo Alternativo	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	1.1 Si el servidor Worklist no está disponible el sistema muestra un mensaje informando la ocurrencia de este suceso.
2. Si el técnico no encuentra en la lista de trabajo el paciente al cual le va a realizar el estudio imagenológico el flujo trabajo continua en la sección: “Introducir datos de forma manual” .	
Pos condiciones	Se tienen los datos que se precisan para registrar el estudio imagenológico.
Prioridad	Crítico
Clasificación arquitectónica	Caso de uso arquitectónicamente significativo

I.2 Caso de uso del sistema: Capturar Imagen_Video.

Caso de Uso 3	Capturar Imagen_Video (generalizado).
Actores	

Resumen	Se realiza la especificación del ojo al que pertenecen las imágenes y los videos capturados. Se le brinda la posibilidad al usuario de visualizar una vista previa de la imagen seleccionada por él, para saber si esta pertenece al ojo izquierdo o al derecho y para realizar cambio en esta especificación en caso de que fuese necesario. .	
Referencia	RF 3.1, 3.2	
CU asociados		
Precondiciones	Una vez capturados los archivos se puede identificar a que ojo pertenece.	
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1. El técnico selecciona las imágenes o videos a la cual quiere especificar el tipo de ojo.	1.1 El sistema muestra una vista previa de la imagen seleccionada y el tipo de ojo que le fue especificado previamente.	
2. El técnico especifica si la imagen o el video seleccionado pertenece al ojo izquierdo o al derecho o realiza una corrección de dicha especificación.	2.1 El sistema realiza la recogida de los datos introducidos por el usuario para si posterior incorporación al fichero en su proceso de dicomización.	
Pos condiciones	Los ficheros capturados sufrirán el proceso de conversión a formato DICOM.	
Prioridad	Crítico	
Clasificación arquitectónica	Caso de uso arquitectónicamente significativo.	

I.3 Caso de uso del sistema: Capturar Imagen_Video_M.

Caso de Uso 4	Capturar Imagen_Video_M(especializado)	
Actores	Técnico	
Resumen	Es el proceso que engloba la acción de seleccionar de forma manual, las imágenes o los videos que posteriormente sufrirán el proceso de dicomización.	
Referencia	RF 4.1	
CU asociados		
Precondiciones		
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1. El técnico selecciona la opción para abrir los archivos.	1.1 El sistema le brinda al técnico la posibilidad de que este seleccione los archivos que va a capturar.	
2 El técnico selecciona las imágenes o videos que le interesa dicomizar.	<p>2.1 El sistema guarda la dirección física donde se encuentran los archivos.</p> <p>2.1 El sistema muestra el progreso de la acción de captura mostrando de forma organiza, por el nombre del paciente, una lista con los nombres de los archivos.</p> <p>2.2 Se Invoca el caso de uso generalizado: "Capturar_Imagen_Video".</p>	
Pos condiciones	Los ficheros que sufrirán el proceso de conversión a formato DICOM han sido capturados.	

Prioridad	Crítico
Clasificación arquitectónica	Caso de uso arquitectónicamente significativo

I.4 Caso de uso del sistema: Capturar Imagen_Video_A.

Caso de Uso 5	Capturar Imagen_Video_A(especializado)	
Actores	Equipo de Adquisición	
Resumen	El equipo de adquisición de imágenes médicas genera las imágenes y los videos que conforman un estudio imagenológico, ubicando dichos archivos en un repositorio local que estará vigilado por el Registrador. Este último realizará una captura automática de esos ficheros, seleccionándolos para su posterior conversión a formato DICOM.	
Referencia	RF 5.1	
CU asociados		
Precondiciones		
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1. El equipo de adquisición genera los archivos que componen el estudio imagenológico y los ubica en la carpeta vigilada por el Registrador.	1.1 Una vez ubicado los archivos en dicho repositorio local, el sistema guarda la dirección física donde se encuentran los mismos. 1.2 El sistema muestra el progreso de la acción de captura mostrando de forma organiza, por el nombre del paciente, una lista con los nombres de los	

	archivos. 1.3 Se Invoca el caso de uso generalizado: "Capturar_Imagen_Video".
Pos condiciones	Los ficheros que sufrirán el proceso de conversión a formato DICOM han sido capturados.
Prioridad	Crítico
Clasificación arquitectónica	Caso de uso arquitectónicamente significativo

I.5 Caso de uso del sistema: Registrar Estudio.

Caso de Uso 6	Registrar Estudio
Actores	Técnico
Resumen	Proceso encargado de garantizar el registro de los datos referentes al estudio imagenológico. Permite llevar a cabo el proceso de conversión de las imágenes y los videos a formato DICOM. Para ello se precisa tener algunos datos adquiridos de forma manual o a través de listas de trabajo, tales como: nombres y apellidos del paciente, sexo, carnet de identidad, fecha de nacimiento, la fecha en que se realiza el estudio imagenológico, entre otros. Se encarga también de la creación de las citas para la realización de los estudios imagenológicos de aquellos pacientes que no se encuentran previamente registrador en el servidor Worklist del centro en caso de la existencia del mismo.
Referencia	RF 6.1, RF 6.2, RF 6.3
CU asociados	Registrar Datos, Realizar Almacenamiento
Precondiciones	Se debe haber ejecutado el caso de uso Capturar Imagen_Video.

Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. Se ejecuta el caso de uso incluido Adquirir Datos.	
2. El técnico selecciona la opción para dicomizar los archivos.	<p>2.1 El sistema realiza la recogida de los datos del estudio imagenológico que están contenidos en cada una de las estructuras pacientes, que se muestra en navegador de imágenes que se encuentra en la interfaz del registrador.</p> <p>2.2 En caso de contar con un servidor de Worklist en el centro médico el sistema envía a dicho servidor un mensaje informando la inicialización del estudio imagenológico.</p> <p>2.3 El sistema realiza los procesos de conversión de las imágenes y los videos a formato DICOM realizando una salva local de dichos archivos en una carpeta especificada por el usuario a través de la configuración.</p> <p>2.4 Notifica el estado del proceso de dicomización.</p> <p>2.5 Si se cuenta en el centro con un servidor Worklist se le envía al mismo un mensaje que le informa de la terminación del estudio imagenológico.</p>
Flujo Alternativo	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema

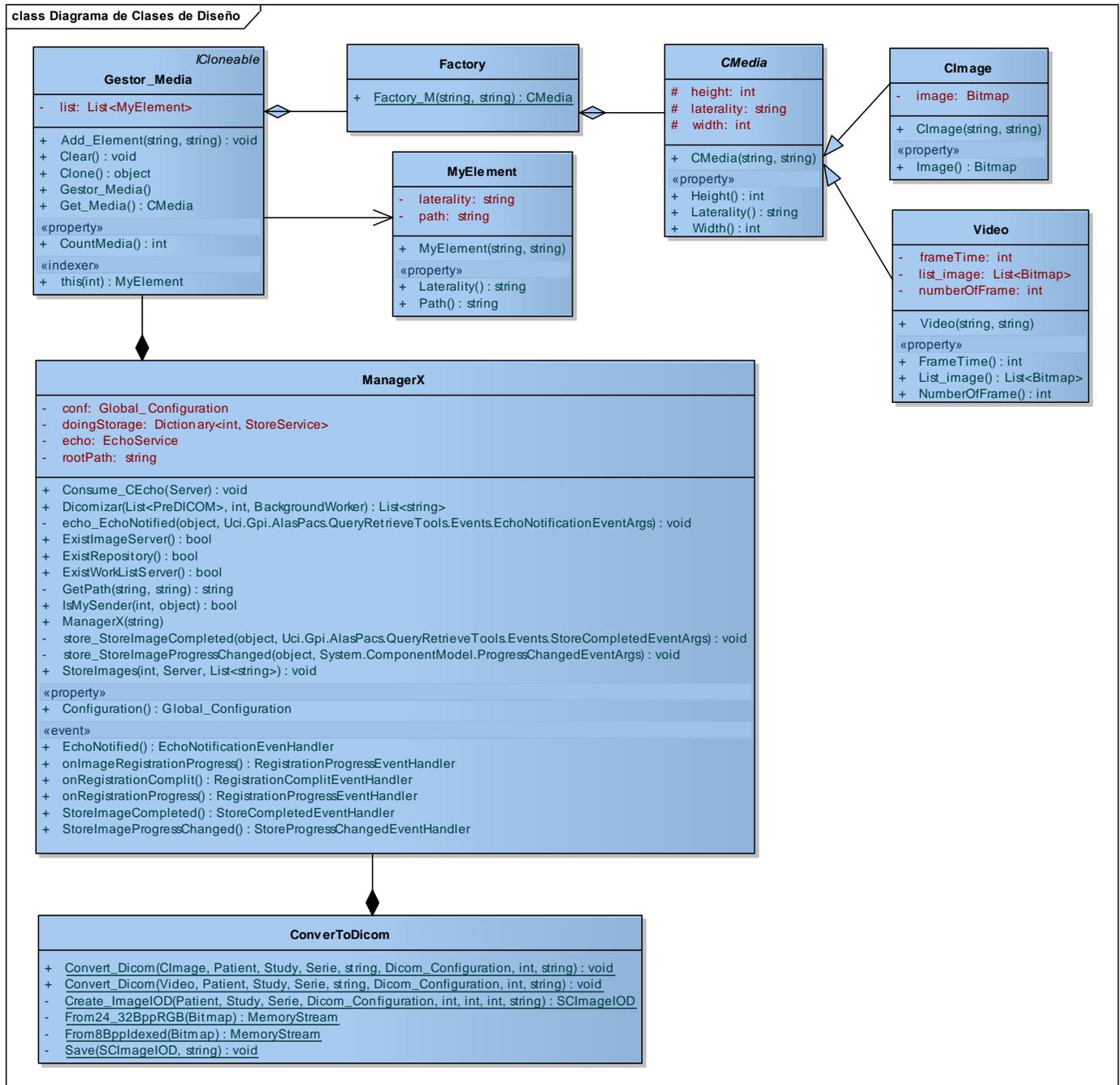
	2.1 El sistema procede a realizar la recogida de datos de los pacientes y alguno de ellos no contiene todos los requeridos para el proceso de conversión a DICOM se alerta al usuario indicando la ocurrencia de esta acción. (Continúa en el punto 1 del flujo normal de eventos).
Pos condiciones	Los ficheros quedan conformados como ficheros DICOM.
Prioridad	Crítico
Clasificación arquitectónica	Caso de uso arquitectónicamente significativo

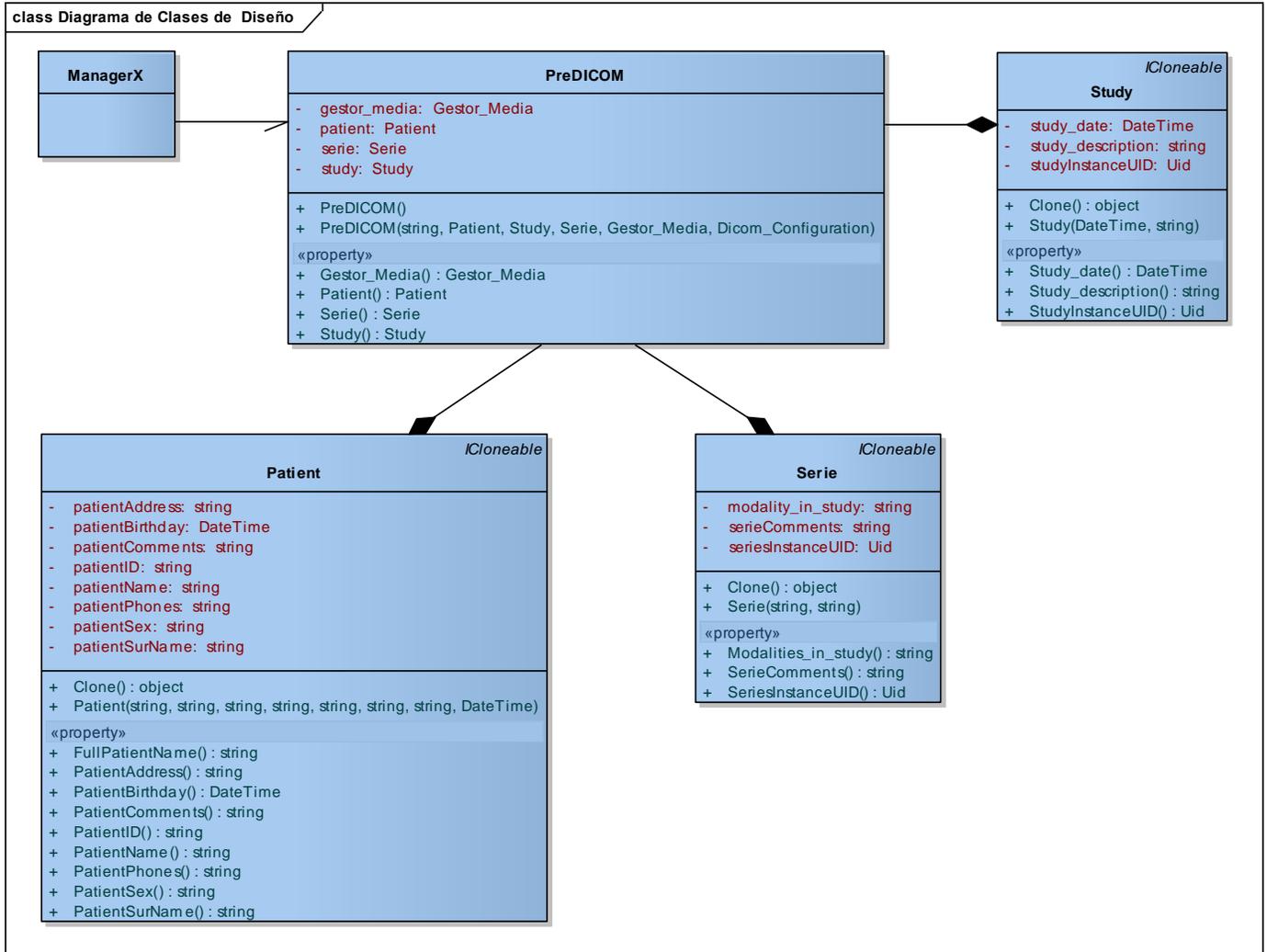
I.6 Caso de uso del sistema: Realizar Almacenamiento.

Caso de Uso 9	Realizar Almacenamiento (extendido)	
Actores	-	
Resumen	Se enfoca en el proceso de almacenamiento de los archivos ya convertidos a formato DICOM hacia un servidor de imágenes, DICOM compatible.	
Referencia	RF 9.1	
CU asociados	Registrar Estudio	
Precondiciones		
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
	El sistema toma los archivos DICOM que se encuentran almacenados localmente en una carpeta establecida por	

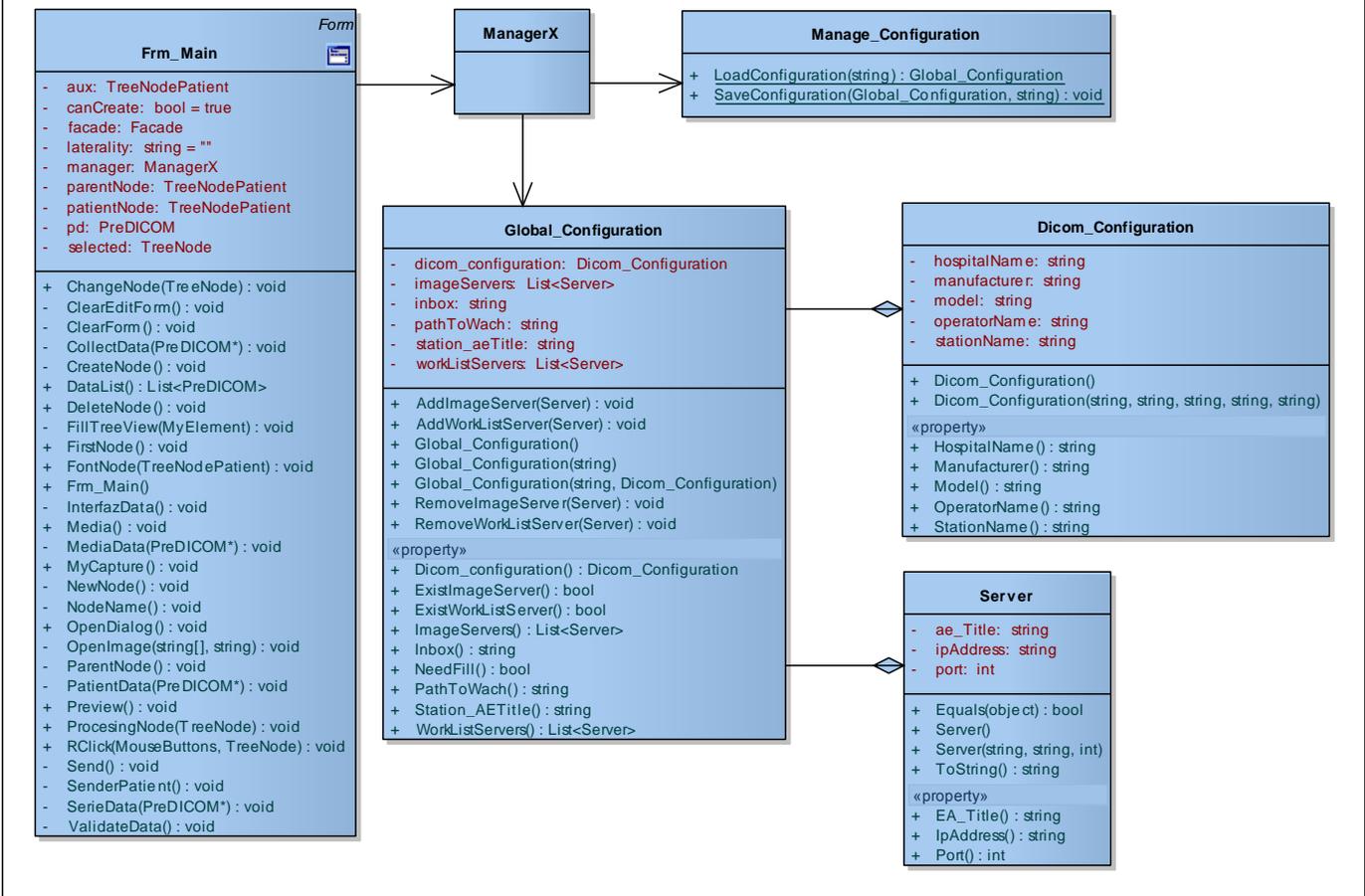
	<p>configuración.</p> <p>Si el servidor DICOM se encuentra disponible el sistema realiza la salva de los archivos hacia dicho servidor.</p> <p>3. Notifica el estado del proceso de salva de la información.</p>
Flujo Alternativo	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<p>2. Si el servidor DICOM no se encuentra disponible, el sistema muestra un mensaje anunciando la ocurrencia de esta acción.</p> <p>3. Termina el caso de uso.</p>
Pos condiciones	El estudio imagenológico queda almacenado en el servidor de imágenes, estando disponible para su posterior consulta.
Prioridad	Crítico
Clasificación arquitectónica	Caso de uso arquitectónicamente significativo

Anexo II. Diagrama de clases del diseño.





class Diagrama de Clases de Diseño



Anexo III. Descripción de las clases del diseño.

III.1 Clase de diseño: Patient.

Nombre: Patient	
Tipo de Clase: Entidad	
Atributo	Tipo
patientAddress	string
patientBirthday	Date Time
patientComments	string
patientID	string
patientName	string
patientPhones	string
patientSex	string
patientSurName	string
Método	
Nombre	Descripción

III.2 Clase de diseño: Study

Nombre: Study	
Tipo de Clase: Entidad	
Atributo	Tipo
modalities_in_study	string
origin	string
study_date	Date Time
study_description	string
Método	
Nombre	Descripción

--	--

III.3 Clase de diseño: Serie

Nombre: Serie	
Tipo de Clase: Entidad	
Atributo	Tipo
serieCemments	string
Método	
Nombre	Descripción

III.4 Clase de diseño: ConverToDicom

Nombre: ConverToDicom	
Tipo de Clase: Entidad	
Atributo	Tipo
count	int
Método	
Nombre	Descripción
Convert_Dicom	Es el encargado de realizar la conversión de las imágenes y los videos a formato DICOM.
From24_32BppRGB	Es utilizado para la creación del flujo de byte que representa la imagen dentro del fichero DICOM en dependencia de la imagen a convertir. (24 ó 32 bit por píxel)
From8BppIndexed	Es utilizado para la creación del flujo de byte que representa la imagen dentro del fichero DICOM en dependencia de la imagen a convertir. (8 bit por píxel)
Create_ImageIOD	Se encarga de la incorporación de los datos referente al paciente, el estudio, la serie y la imagen al objeto (information object definition).
Save	Es usado para realizar la salva del archivo después de conformado este en

	formato DICOM.
--	----------------

III.5 Clase de diseño: Dicom_Configuration.

Nombre: Dicom_Configuration	
Tipo de Clase: Entidad	
Atributo	Tipo
hospitalName	string
manufacturer	string
model	string
operatorName	string
stationName	string
Método	
Nombre	Descripción

III.6 Clase de diseño: Manage_Configuration.

Nombre: Manage_Configuration	
Tipo de Clase: Controladora	
Atributo	Tipo
Método	
Nombre	Descripción
load_Configuration	Es utilizado para cargar la configuración del Registrador de estudios imagenológicos.
Save_Configuration	Se encarga de realizar el proceso de salva de la configuración que necesita el Registrador para realizar la conversión de los ficheros a formato DICOM.

III.7 Clase de diseño: CMedia.

Nombre: CMedia	
Tipo de Clase: Entidad	
Atributo	Tipo
height	int
width	int
eyesType	string
Método	
Nombre	Descripción

III.8 Clase de diseño: Video.

Nombre: Video	
Tipo de Clase: Entidad	
Atributo	Tipo
frameTime	int
numberOfFrame	int
list_image	List<Image>
Método	
Nombre	Descripción

III.9 Clase de diseño: CImage.

Nombre: CImage	
Tipo de Clase: Entidad	
Atributo	Tipo
image	Bitmap
Método	

Nombre	Descripción

III.10 Clase de diseño: Gestor_Media.

Nombre: Gestor_Media	
Tipo de Clase: Controladora	
Atributo	Tipo
list	MyElement
Método	
Nombre	Descripción
Add_Element	Adiciona a la lista de tipo MyElement las dirección físicas de los objetos a dicomizar, además de adicional al también el valor del ojo al que pertenece el archivo anteriormente mencionado (ojo izquierdo, ojo derecho).
Get_Media	Método que devuelve un objeto CMedia a partir de la dirección que se encuentra almacenada en la primera posición de la lista de direcciones de los objetos a dicomizar.
Clear	Elimina la lista de tipo MyElement.
CountMedia	Devuelve la cantidad de elementos que contiene list.

III.11 Clase de diseño: Factory.

Nombre: Factory	
Tipo de Clase: Controladora	
Atributo	Tipo
-	
Método	
Nombre	Descripción
Factory_M	Método que se encarga de construir un objeto CMedia en dependencia de su naturaleza(los crea como Video o CImage).

III.12 Clase de diseño: Global_Configuration.

Nombre: Glogal_Configuration.	
Tipo de Clase: Entidad	
Atributo	Tipo
-	
Método	
Nombre	Descripción
AddImageServer	Se encarga de agregar un elemento a la lista de servidores de imágenes que se incluyen como parte de la configuración del Registrador.
AddWorkListServer	Se encarga de agregar un elemento a la lista que contiene los servidores Worklist que se incluyen como parte de la configuración del Registrador.
RemovelImageServer	Elimina un elemento de la lista de servidores de imágenes.
RemoveWorkListServer	Elimina un elemento de la lista de servidores Worklist.
NeedFill	Retorna la dirección del inbox donde se van a almacenar los archivos después del proceso de conversión a formato DICOM y además de ello un objeto de tipo Dicom_Configuration.

III.13 Clase de diseño: ManagerX.

Nombre: ManagerX	
Tipo de Clase: Controladora	
Atributo	Tipo
Conf	Global_Configuration
doingStorage	Dictionary<int, StoreService>
Echo	EchoService
rootPath	string
Método	
Nombre	Descripción
Consume_CEcho	Se encarga de realizar la verificación de conexión al servidor de imágenes médicas.

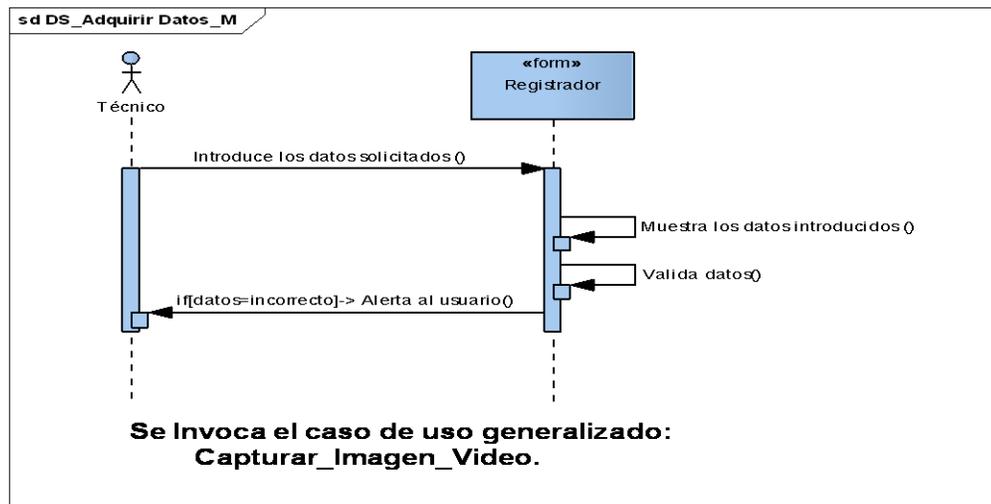
Dicomizar	Se encarga básicamente de gestionar el proceso de dicomización de los archivos que fueron previamente capturados.
ExistImageServer	Informa si existe algún servidor de imágenes en la configuración del Registrador.
ExistRepository	Informa si a nivel de configuración se estableció el repositorio donde el equipo de adquisición coloca los ficheros una vez capturados.
ExistWorkListServer	Informa si existe algún servidor de listas de trabajo en la configuración del Registrador.
GetPath	Se encarga de la creación del repositorio local donde serán almacenados los archivos una vez conformados como ficheros DICOM.
IsMySender	Realiza la salva de los identificadores de los envíos que se le realizan al servidor de imágenes médicas.

III.14 Clase de diseño: PreDICOM

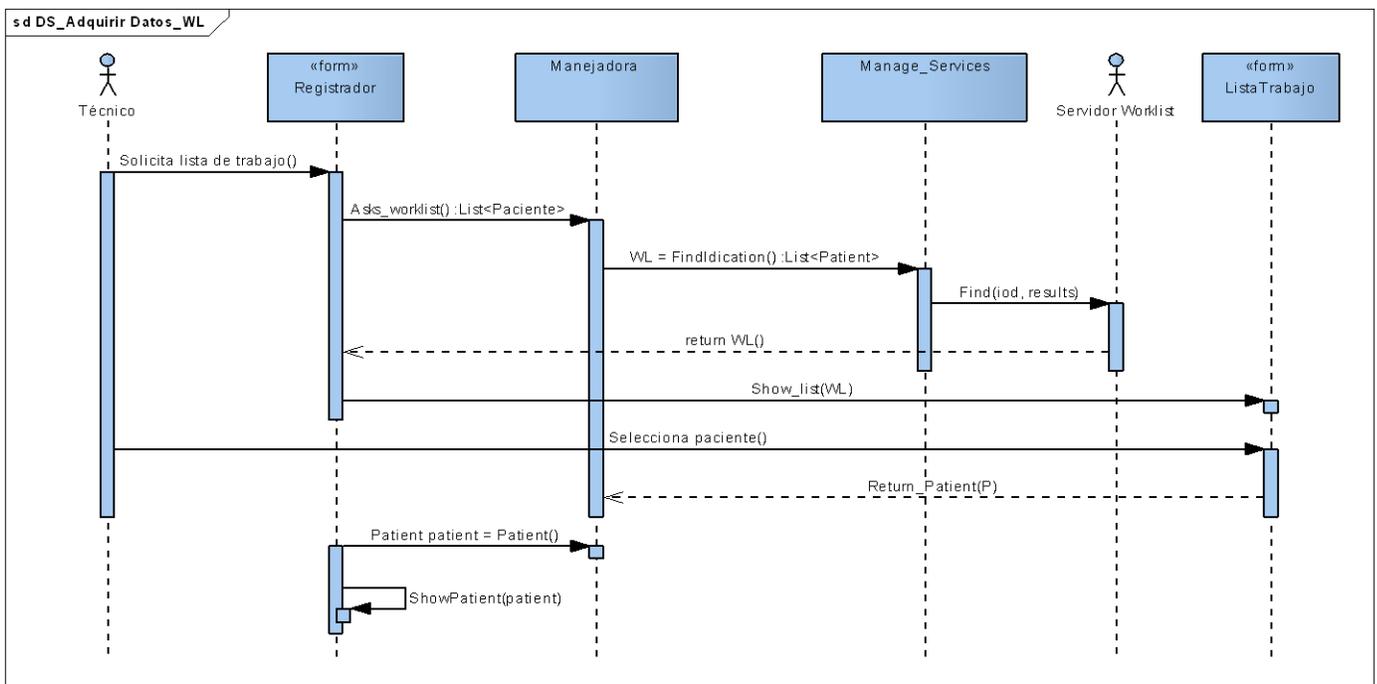
Nombre: PreDICOM	
Tipo de Clase:	
Atributo	Tipo
gestor_media	Gestor_Media
Patient	Patient
serie	Serie
study	Study
Método	
Nombre	Descripción
-	

Anexo IV. Diagramas de Secuencia.

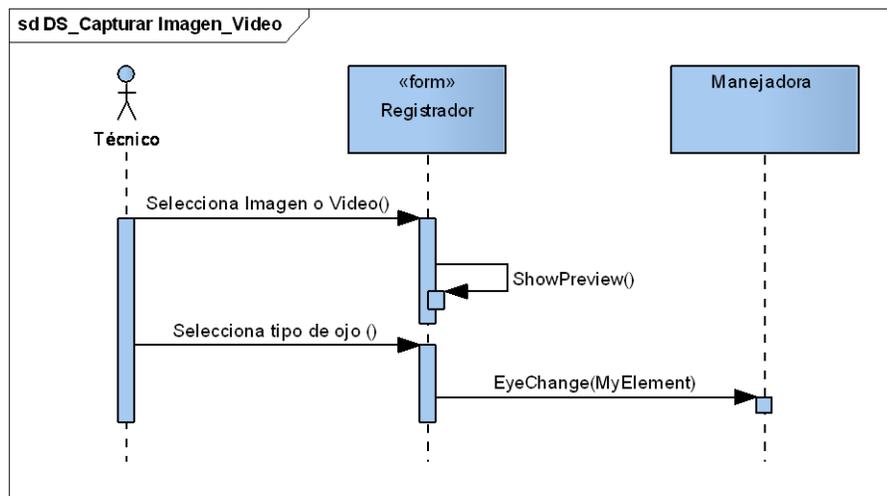
IV.1: Diagrama de interacción: Adquirir Datos.



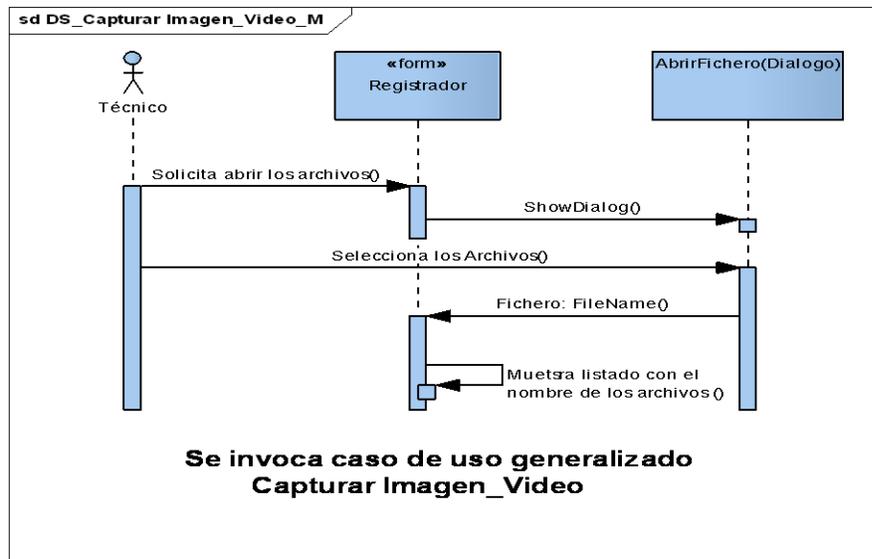
IV.2: Diagrama de interacción: Adquirir Datos.



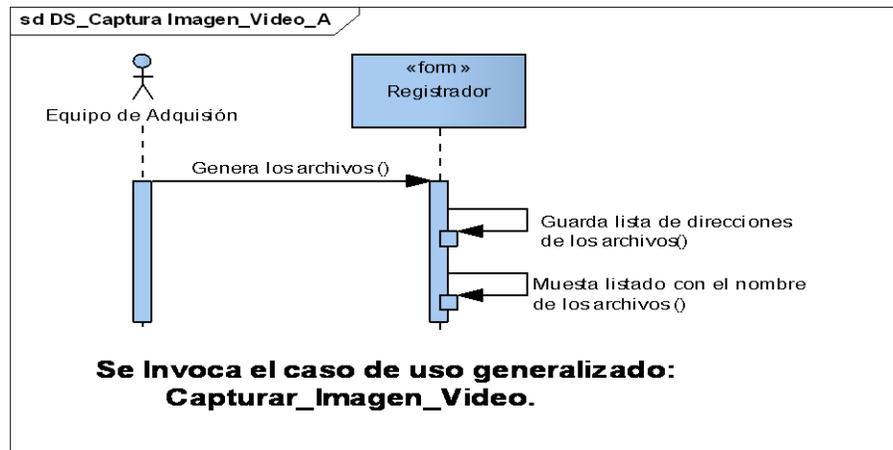
IV.3: Diagrama de interacción: Capturar Imagen_Video.



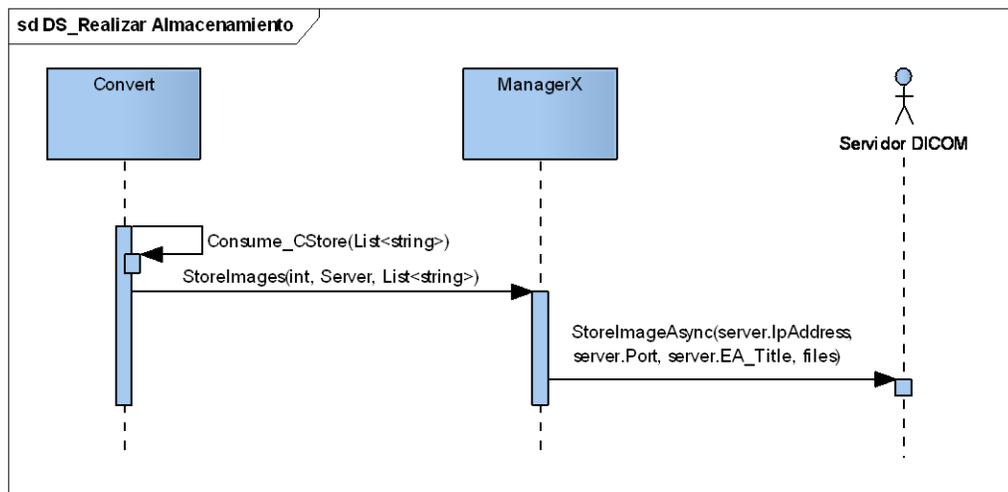
IV.4: Diagrama de interacción: Capturar Imagen_Video_M



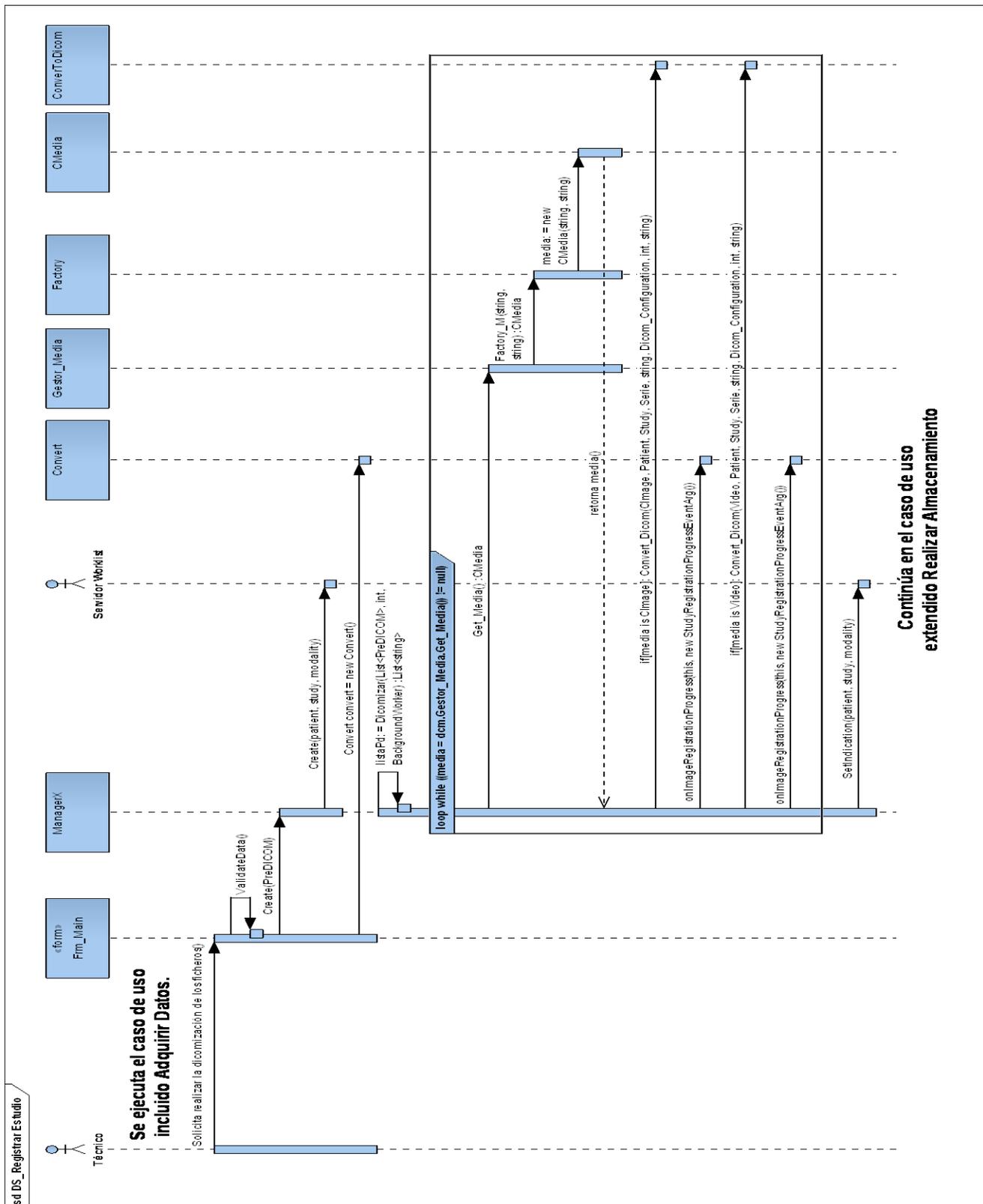
IV.5: Diagrama de interacción: Capturar Imagen_Video_A.



IV.6: Diagrama de interacción: Realizar Almacenamiento.



IV.7: Diagrama de interacción: Registrar Estudio.



GLOSARIO DE TERMINOS

AETitle: Nombre Entidad Aplicación: Representación usada para identificar a los nodos DICOM

BMP (bit map): Extensión BMP, extensión de un fichero gráfico del tipo bit maps.

C-ECHO: Tipo de servicio DICOM que brinda la posibilidad de comprobar la asociación entre el cliente y el servidor.

Datos: Datos que unidos a la imagen o el video forma parte del fichero DICOM, dígame nombre y apellidos del paciente, sexo, carnet de identidad, fecha de realización del estudio así como modalidad del mismo, etc.

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine): Estándar para el tratamiento de imágenes digitales y comunicaciones para el campo de la medicina, que facilita el manejo de la información médica entre hospitales y centros de investigación.

Dicomización: Proceso que realiza el Dicomizador.

Dicomizador: Aplicación dedicada a la conversión de ficheros a formato DICOM.

Fichero_DICOM: Unión de una media con los datos asociados a ella en un archivo de formato dcm.

Gestor_Envio: Gestiona todos los ficheros DICOM para la realización del envío los mismos hacia un servidor DICOM compatible.

Gestor_Media: Gestiona las medias durante todo su proceso, desde la captura hasta si transformación a fichero DICOM.

Imagen: Imagen oftalmológica en los formatos: jpg ó bmp.

Imágenes Multiframe: Secuencia de una imagen en movimiento. JPG: Extensión JPG, extensión de los ficheros de imágenes comprimidas.

Media: Concepto que unifica a Video e Imagen como una sola entidad u objeto.

Metadata: Ubicación de toda la información que viene adjunta a la imagen en el fichero DICOM.

GLOSARIO DE TERMINOS

Mono: es el nombre de un proyecto de código abierto impulsado por Novell para crear un grupo de herramientas libres, basadas en GNU/Linux y compatibles con .NET según lo especificado por el ECMA.

Monochrome 1 y Monochrome 2: Modos de visualización monocromáticos.

NEMA: National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Asociación comercial líder en los Estados Unidos en representación de los fabricantes de productos del electro-industria.

PACS: Picture Archiving and Communication System (PACS). Sistema para el almacenamiento y comunicación de imágenes médicas.

Registrador: Concepto que representa el proceso de creación de un fichero y los datos asociados a el a formato DICOM. Es también el nombre genérico de la aplicación.

RGB: Matrices de colores rojo, verde, azul (Red, Green, Blue) que especifica los niveles de intensidad de colores en una imagen.

RIS: Sistema de Información Radiológica (Radiological Information System). Es un sistema encargado de la gestión de la información generada y manipulada como resultado de los procesos de negocio de carácter radiológico (imagenológico).

SCP: Servidor de listas de trabajos.

SCU: Cliente de listas de trabajo.

TIF: Fichero TIF, fichero gráfico comprimido.

UID: Universal Identifier por sus siglas en inglés, número pseudoaleatorio empleado en aplicaciones de software. Es tan grande que la posibilidad de que se genere un mismo número dos veces puede considerarse nula en la práctica.

Video: Archivo o video oftalmológico generalmente encontrados en formatos avi.

Worklist: Hace referencia a listas de trabajo.