

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 7



Título: alasPACSWorklist

Servidor de listas de trabajo

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

Autores: André José Gamboa Yero

Alejandro Guerra Pérez

Tutores: Ing. Leodan Vega Izaguirre

Ing. Lázaro Rodríguez González

Ciudad de La Habana, Marzo 2009

“Año del 50 aniversario del triunfo de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

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

Para que así conste firmamos la presente a los 13 días del mes de Marzo del año 2009.

Autores:

André José Gamboa Yero

Alejandro Guerra Pérez

Tutores:

Ing. Leodan Vega Izaguirre

Ing. Lázaro González Rodríguez

DATOS DE CONTACTO

Tutores:

Ing. Lázaro González Rodríguez

Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas, egresado de la UCI. Ha impartido la asignatura de Práctica Profesional. Es profesor de la Facultad 7 y se desempeña actualmente como Coordinador del Área Temática Software Médico Imagenológico y Jefe de Proyecto en el Grupo de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Ing. Leodan Vega Izaguirre

Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas, egresado de la UCI. Ha impartido las asignaturas de Matemática 1, Álgebra Lineal, Practica Profesional, Ingeniería de Software y Sistemas de Base de Datos. Es profesor de la Facultad 7 y se desempeña actualmente como Asesor de Comercialización y Jefe de Proyecto en el Grupo de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Agradecimientos

A Lázaro: por sus ideas y sugerencias, por no separarse nunca a más de dos líneas de código del proyecto.

A Leodan porque su continua ayuda no nos dejó alejarnos del deber.

A Héctor que nos guía con su visión de futuro.

A GPI por lo que representa y representará en nuestra vida.

A nuestros amigos que siempre han estado presentes cuando los hemos necesitado.

A la UCI.

Dedicatoria

A mi abuela que nunca se ha separado de mi.

A mis padres por brindarme mucho más de lo que siempre he necesitado.

A mi tía porque siempre ha estado pendiente de todo.

A mi abuelo que me ha cuidado como a su hijo.

A Yisel.

- De Alejandro

A mamá a quien le debo lo que soy hoy, por darme todo lo que necesité.

A papá por brindarme siempre la mano fuerte.

A mi abuelita que siempre ha sido una luz.

A papito, a tía y a nana que han sido como padres para mi.

A hermanita que llegó para quedarse, a mis otros hermanos.

A Yei y a Camila que siempre estarán presentes.

- De André

Resumen

El presente trabajo de diploma tiene como objetivo desarrollar un sistema que asegure la coherencia de la información radiológica en los servicios de imagenología de los centros hospitalarios. El alasPACSWorklist, Servidor de listas de trabajo, constituye un pequeño paso para lograr la integración cada vez más necesaria entre los sistemas creados por el Grupo de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales (GPI).

Para el desarrollo del sistema alasPACSWorklist se seleccionó C# como lenguaje de programación, y como gestor de base de datos se utilizó PostgreSQL. Además es totalmente compatible en sistemas operativos Linux gracias a la plataforma Mono.

La versión 1.0 de dicho sistema permite mantener sincronizada la información radiológica manejada entre los sistemas PACS y RIS, así como la información referente al estado en que se encuentran la realización de los estudios imagenológicos. Permite la creación de listas de trabajo para los equipos de adquisición de imágenes DICOM y el envío de las mismas.

Palabras claves:

Worklist, Listas de Trabajo, DICOM, PACS, RIS.

Índice

| | |
|--|--------|
| Introducción..... | - 1 - |
| Capítulo 1. Fundamentación teórica..... | - 8 - |
| 1.1. El estándar DICOM..... | - 8 - |
| 1.2. El estándar HL7..... | - 9 - |
| 1.3. Las normas IHE..... | - 9 - |
| 1.4. Sistemas de almacenamiento y transmisión de imágenes digitales..... | - 10 - |
| 1.5. Sistemas de información radiológica..... | - 11 - |
| 1.6. Sistemas de información hospitalaria..... | - 12 - |
| 1.7. Servidores de listas de trabajo..... | - 13 - |
| 1.8. Conectando los sistemas de información médica..... | - 13 - |
| 1.9. Estado del arte de los sistemas de información médica..... | - 14 - |
| 1.10. Herramientas y tecnologías utilizadas..... | - 16 - |
| Capítulo 2. Características del sistema..... | - 21 - |
| 2.1. Objeto de automatización..... | - 21 - |
| 2.2. Información que se maneja..... | - 22 - |
| 2.3. Sistema propuesto..... | - 22 - |
| 2.4. Modelo del negocio..... | - 22 - |
| 2.5. Especificación de los requisitos de software..... | - 35 - |
| 2.6. Definición de los actores del sistema..... | - 39 - |
| 2.7. Diagrama de casos de uso del sistema..... | - 40 - |
| 2.8. Descripción de los Casos de Uso del Sistema..... | - 41 - |
| Capítulo 3. Análisis y diseño del sistema..... | - 46 - |

| | |
|---|--------|
| 3.1. Sistema..... | - 46 - |
| 3.2. Análisis | - 46 - |
| 3.3. Diseño | - 47 - |
| Capítulo 4. Implementación | - 50 - |
| 4.1. Arquitectura | - 50 - |
| 4.2. Diagrama de Componentes | - 51 - |
| 4.3. Modelo de Despliegue | - 52 - |
| 4.4. Compatibilidad con la plataforma libre | - 53 - |
| Conclusiones..... | - 55 - |
| Recomendaciones | - 56 - |
| Referencias Bibliográficas | - 57 - |
| Bibliografía | - 59 - |
| Anexos | - 64 - |
| Anexo I. Descripción ampliada de los Casos de Uso del Sistema | - 64 - |
| Anexo II. Diagramas de Clases del Análisis..... | - 67 - |
| Anexo III. Diagramas de secuencia..... | - 70 - |
| Anexo IV. Diagrama de clases del diseño..... | - 74 - |
| Anexo V. Descripción de clases del diseño..... | - 76 - |
| Anexo VI. Modelo de Datos | - 83 - |
| Anexo VII. Descripción de las tablas de la Base de Datos | - 84 - |
| Glosario de términos | - 90 - |

Introducción

Desde hace casi un siglo la radiología utiliza las películas convencionales para capturar imágenes anatómicas; pero no es hasta la década de los 70 que surge el término de radiología digital dando paso a una renovación en los equipos de adquisición de imágenes médicas. Es por esto que surge un estándar para la comunicación, almacenamiento y visualización de imágenes en la medicina –DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)– que constituye el estándar industrial para la transferencia de imágenes digitales e información médica entre computadoras.

Este estándar permite interconectar sistemas informáticos de diferentes fabricantes y además la comunicación entre ellos. Esto es un elemento indispensable para un hospital donde los equipos médicos son de muchas marcas diferentes debido a la especialización. (Fundación Científica del Sur, Centro de Diagnóstico, 2007)

Con el impulso de las nuevas tecnologías en el campo de la medicina se incrementa la necesidad de intercambio de información entre sistemas informáticos médicos diferentes, surgiendo así la organización internacional HL7 (Health Level Seven), iniciada en los Estados Unidos en 1987. Esta organización promueve el desarrollo y evolución del estándar HL7, que establece el intercambio de datos electrónicos en el área de la salud. (Health Level Seven, Spain, 2007)

Con el desarrollo de las técnicas de procesamiento de imágenes digitales y de la informática y las comunicaciones, se propició la creación de departamentos especializados en radiología digital. Dicho departamento estaría constituido por una red de estaciones de visualización, equipos de adquisición y servidores de almacenamiento de imágenes. Sistemas de este tipo se conocen en el mundo como PACS (Picture Archiving and Communication System). (Gutiérrez, et al., 2003)

La utilización de estos sistemas traen consigo un cambio radical en el flujo de trabajo de un departamento radiológico, en el que se enmarcan diferentes consultas como: medicina nuclear, tomografía computarizada, ecografía, mamografía, resonancia magnética entre otros; permitiendo realizar con menor esfuerzo, y mayor calidad y eficiencia los servicios prestados por dicho departamento.

La misión de un PACS es informatizar todo el flujo de trabajo de la imagen, que incluyen 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 del calendario de trabajo del radiólogo.

Es por esto que surgen los Sistemas de Gestión de Información Radiológica (RIS, por sus siglas en inglés); el cual es básicamente un sistema de gestión de departamentos de imágenes diagnósticas con diversos módulos, como agendas, ficheros de identificación, registros y codificación de pacientes y exploraciones; códigos, informes, facturación, estadística, control de costos, docencia y casos en seguimiento. Este a su vez interactúa con Sistemas de Información Hospitalarios (HIS), el cual cumple una tarea similar pero en el ámbito de todo el hospital. (El Hospital, 2007)

En todo este marco de sistemas, estándares, y empresas dedicadas a la informatización de los servicios radiológicos se impone alguien que provea a todos ellos, un modo de unificarlos de forma que trabajen de la manera más acoplada posible. Sin embargo, es necesario que a su vez estos sistemas sean escalables y extensibles por los centros médicos, sin que sea obligatorio un cambio tan brusco que conlleve al fracaso del mismo.

Así surge la IHE (Integrating the Healthcare Enterprise), una organización surgida en Estados Unidos en el 2005, cuyo objetivo es mejorar la comunicación entre los sistemas de información que gestionan los procesos utilizados en la atención y seguimiento al paciente, proponiendo perfiles de integración que facilitan la unificación de los sistemas. (IHE, 2008)

En el afán de aumentar la calidad de vida de la población cubana, la atención primaria, secundaria y terciaria de salud, se han adquirido equipamientos de última generación incluyendo un número importante de ellos en la rama de la radiología. Esto requiere un soporte informático y tecnológico para garantizar un flujo de trabajo eficiente y explotar al máximo dichos recursos.

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), como motor impulsor de la informatización de la sociedad cubana, se dio a la tarea, dentro del sector de la salud, de lograr que dicho flujo se realizara eficazmente y con la calidad necesaria, a través del desarrollo de soluciones tecnológicas que garanticen el manejo de la información que se genera en todos los niveles de atención a la salud en todo el país.

Independientemente del esfuerzo realizado por varios grupos de desarrollo de todo el país, en crear software para los departamentos de diagnóstico por imágenes, no se ha creado uno que cumpla con todas las expectativas.

Dándole solución a ello, en la UCI se desarrolla alasPACS, Sistema para el almacenamiento, transmisión y visualización de imágenes médicas, creado por estudiantes y profesores del Grupo de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales (GPI). El sistema alasPACS actualmente se encuentra instalado en varios hospitales de Ciudad de la Habana, y en el Centro de Salud Integral “Dr. Salvador Allende” en Caracas, Venezuela, y constituye el esfuerzo más importante en la informatización de los servicios que brindan estos departamentos.

Posteriormente a esto, por la necesidad de gestionar la información generada por alasPACS y cubrir la demanda de los radiólogos de poder manejar toda la información y las historias clínicas imagenológicas de los pacientes, se desarrolló el sistema alasRIS: Sistema de información radiológica, creado por el mismo grupo de desarrollo.

Estos sistemas en conjunto permiten el manejo de todo el flujo de trabajo del departamento de radiología; sin embargo sigue existiendo una ruptura de los procesos informáticos que administran la información e inconsistencia en los datos introducidos por alasRIS y los captados nuevamente en alasPACS mediante los equipos de adquisición de imágenes. Se impone la creación de una herramienta informática que solucione este problema.

Los sistemas informáticos que permiten el acoplamiento necesario para evitar lo antes planteado son conocidos como Servidores de listas de trabajo (Worklist Servers), encargados de funcionar como puente de enlace fundamental entre un RIS y un PACS.

Como parte de la situación problemática se especifica que en una clínica imagenológica moderna o en el departamento de radiología digital de un hospital, se hace necesaria la existencia de, al menos, un PACS básico que proporcione servicios elementales para el funcionamiento de la clínica o el departamento. Ello permitirá a los especialistas imagenológicos analizar los estudios efectuados en los equipos de adquisición digital, en un lugar y momento diferente al de su realización.

Un caso genérico ocurre con la llegada de un paciente a la clínica, referido por otro departamento con indicación de realizarse un estudio imagenológico y su posterior diagnóstico. La secretaria lo registra en el sistema de información radiológica u hospitalaria –RIS o HIS– y le programa una cita en dependencia de la disponibilidad de equipos existente. Luego, recibe sus datos demográficos y otros referentes al examen solicitado. Consulta el sistema y otorga la cita al paciente teniendo en cuenta la disponibilidad de tiempo del mismo y del horario libre que tengan los equipos médicos encargados de realizar el estudio. Finalmente, se le entrega la orden de estudio, con su fecha y la hora, así como las indicaciones específicas, por ejemplo, en el caso de un video-endoscopia, no ingerir alimentos en, al menos, 8 horas previas a su realización.

El día programado para la realización del estudio, el paciente acude a la clínica con la indicación y se la entrega al técnico encargado de realizarle el estudio. Este introduce sus datos demográficos en el equipo de adquisición, así como el tipo de estudio a realizarse y procede a la realización del mismo. Posterior a la generación de las imágenes el paciente se retira y el técnico lo registra además en la hoja de cargo.

Las imágenes generadas viajan a través de la red imagenológica hacia el servidor de imágenes médicas. Allí son almacenadas para su posterior visualización y diagnóstico por parte de los especialistas en imágenes. Mientras que la hoja de cargo se le entrega al departamento de radiología al terminar el día.

Al día siguiente, los radiólogos en dependencia de la carga de trabajo y la organización en cuanto a los tipos de estudio que diagnosticarán ese día; toman la hoja de cargo y comienzan a buscar los pacientes en el servidor de imágenes. Luego proceden al diagnóstico de cada uno de los estudios reflejados en la hoja de cargo. Posteriormente se genera el informe, se adjunta a la imagen y se le entrega al paciente en la próxima consulta.

Como parte de la situación problemática hay que destacar que en la actualidad no existe comunicación entre el RIS y el PACS en el momento de la recepción de los datos por ambas partes. O sea, los datos demográficos introducidos en el RIS y en el PACS –específicamente en los equipos de adquisición– por los técnicos puede que no sean iguales. Lo que provoca redundancia en el manejo de los datos de los pacientes y conlleva un gasto de tiempo innecesario buscando la información real de los pacientes. Esto se traduce en una reducción de la calidad de los servicios prestados por la clínica y un aumento de trabajo para los especialistas.

Además, otro de los factores que entorpece el buen funcionamiento y la eficiencia del centro es que los especialistas tengan que hacer las búsquedas en el servidor de imágenes médicas a partir de una hoja de cargo, puesto que el RIS posee la programación de estudios, pero no conoce en que estado se encuentran estos. Todo ello dificulta la visualización de las imágenes médicas a los especialistas y alarga el tiempo que emplean en diagnosticar los estudios.

La situación antes descrita permite plantear el siguiente **problema científico**: ¿Cómo integrar los procesos de cita radiológica y realización de un estudio radiológico? Por lo que el presente trabajo tiene como **objeto de estudio** las normas y estándares industriales para la integración de los procesos de los departamentos radiológicos. Enmarcando el **campo de acción** en: la sincronización de la información radiológica entre los sistemas PACS y RIS de los departamentos de imagenología de los centros hospitalarios.

El **objetivo general** de este trabajo de diploma es implementar un servidor de listas de trabajo que integre los procesos de cita radiológica y realización de un estudio radiológico.

Para darle cumplimiento, se definen los siguientes **objetivos específicos** que facilitan el trabajo en áreas más reducidas:

- Desarrollar un sistema que permita la adquisición de la información general de los pacientes, existente en el RIS.
- Generar y administrar las listas de trabajo de las consultas, para los equipos médicos compatibles con DICOM 3.0.
- Transmitir la información necesaria para la realización de los estudios imagenológicos de los diferentes servicios del departamento de radiología.
- Mantener actualizado el sistema PACS-RIS acerca del estado de adquisición de las imágenes.

Tareas de la investigación

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se han definido las siguientes tareas:

- Valorar críticamente los sistemas de gestión de listas de trabajo existentes en la actualidad.

- Realizar un análisis detallado de la normativa internacional IHE para definir los requerimientos de integración que debe tener el sistema.
- Realizar un análisis de las nuevas tecnologías que se usarán para la implementación del sistema.
- Elaborar los modelos de negocio, análisis y diseño del sistema.
- Diseñar la base de datos a utilizar en función de las necesidades de la solución y los cambios tecnológicos, cambios conceptuales o del software que puedan ocurrir.
- Implementar y realizar las pruebas de compatibilidad con los distintos equipos médicos.

El diseño metodológico se realizó empleando varios tipos de métodos, dentro de los cuales se encuentran los métodos teóricos; estos permiten la construcción y desarrollo de la teoría científica, y en el enfoque general para abordar los problemas de la ciencia. Así como permiten profundizar en el conocimiento de las regularidades y cualidades esenciales de los fenómenos. Estos cumplen una función gnoseológica importante, ya que posibilitan la interpretación conceptual de los datos empíricos encontrados.

En el presente trabajo se realizó un análisis histórico lógico puesto que este método constituye premisa indispensable para una comprensión, explicación e interpretación más profunda de la materia en cuestión.

También se pone de manifiesto en la investigación el método dialéctico puesto que este considera los fenómenos históricos y sociales en continuo movimiento; plantea que la realidad está sujeta a contradicciones y a una evolución y desarrollo perpetuo

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

En el capítulo 1 se presenta la fundamentación teórica que sustenta este trabajo. Se detallan los aspectos relacionados a los estándares internacionales de los sistemas para la salud. Igualmente se especifican las funcionalidades elementales de los PACS, RIS y los servidores de listas de trabajo, realizándose un estudio de las tendencias actuales de desarrollo de sistemas de gestión de listas de trabajo y se exponen las principales técnicas y tecnologías usadas para la implementación de la solución de software propuesta.

El capítulo 2 aborda detalladamente la situación problemática y la propuesta de solución de la misma. También se incluyen algunos de los artefactos de la fase de inicio del RUP (Rational Unified Process).

El capítulo 3 se presentaran los resultados del flujo de análisis y diseño del sistema, así como los artefactos más importantes generados en este flujo.

En el capítulo 4 se muestra los diagramas de componentes y de despliegue que regirán la fase de elaboración del sistema. También se describirá la arquitectura que se empleará en la construcción del mismo.

Capítulo 1. Fundamentación teórica

A continuación se describen los estándares DICOM 3.0 y HL7, así como las normas de la IHE. Se presentan diversos sistemas médicos y se analizan temas relacionados al PACS, RIS y HIS. Se dan a conocer el estado de sistemas similares utilizados en el mundo, así como otros sistemas cubanos y en específico de la UCI relacionados a los sistemas de información médica. También se analizarán las principales herramientas y tecnologías actuales usadas para el desarrollo del sistema, así como la metodología de desarrollo y el lenguaje de modelado a utilizar.

1.1. El estándar DICOM

Este estándar DICOM se inicia en 1985 a partir de la investigación por parte del ACR (American College of Radiology) y la NEMA (National Electrical Manufacturers Association). La primera versión es terminada en 1985, y como es común en las primeras versiones presenta errores y es poco aceptada. A partir de este primer esfuerzo se desarrolla para 1988 la versión 2.0 con funciones básicas tomadas de la anterior pero con nuevos elementos y corrección de errores, sin embargo no se podía aun establecer una comunicación por red con este sistema. En esta época se empezaron a desarrollar en el área de las computadoras los dispositivos de red, y los programas de intercomunicación entre dispositivos se volvieron más comunes, permitiendo esto enfocarse en buscar una nueva versión la cual cumpliera con estos requerimientos y mejorar los problemas aun existentes. (Montes, et al., 2006)

En 1993 aparece la versión DICOM 3.0 que incluía como principales modificaciones el soporte para entornos de red basados en TCP/IP y la especificación de formatos de ficheros, de dispositivos físicos y de sistemas de ficheros. (NEMA, 2007)

El estándar direcciona el intercambio de información de distintos sistemas y equipos para que estos interactúen en conjunto. Esto hace que los sistemas PACS puedan archivar y visualizar imágenes sin importar la modalidad o el fabricante al cual pertenezcan siempre y cuando estos equipos estén en conformidad con DICOM. Dicho estándar define además una interfaz para la comunicación PACS-RIS y también su integración con sistemas de integración médica a través del estándar HL7. (ACR-NEMA, 2004)

El estándar DICOM es un estándar industrial abierto adoptado universalmente para representar información médica y que en la actualidad es dirigido por Medical Imaging & Technology Alliance (MITA), una división de la NEMA. Aunque pueden existir empresas que no implementen dicho estándar. (NEMA, 2008)

1.2. El estándar HL7

HL7 es una organización internacional, iniciada en los Estados Unidos. Acreditada por el Instituto Nacional de Estándares Americanos (ANSI), orientada al desarrollo de estándares internacionales para la salud y especializada en el área clínica y administrativa, que pretende promover el desarrollo y evolución del estándar HL7 para el formato de datos e intercambio de información entre diferentes Sistemas de Información de Salud.

La organización está abierta a todos los actores del ámbito de las Tecnologías de la Información y la Salud –prestadores de servicios de salud, desarrolladores de software, consultores, usuarios finales, organizaciones gubernamentales, universidades y otras organizaciones– y desarrolla estándares por consenso en un entorno abierto. El estándar selecciona el lenguaje, la estructura y los tipos de datos necesarios para que distintos sistemas puedan integrarse.

La versión actual es HL7 versión 3. Se trata de una iniciativa que comenzó en 1997 y que implica un cambio de orientación en el estándar. Se ha desarrollado un Modelo de Información de Referencia (RIM) que es la base del intercambio de información del nuevo estándar.

El mismo provee la posibilidad de intercambio de información entre aplicaciones desarrolladas por diferentes fabricantes, creando una interfaz para la comunicación entre los sistemas de información médica, como son los HIS, los RIS y los PACS. Además flexibilidad, porque es posible desarrollar aplicaciones en diferentes entornos tecnológicos y conectarlas entre sí. (Health Level Seven, Spain, 2007)

1.3. Las normas IHE

IHE es una iniciativa de profesionales de la salud (incluyendo colegios profesionales de médicos) y empresas proveedoras de materiales para la salud, cuyo objetivo es mejorar la comunicación entre los sistemas de información que se utilizan en la atención al paciente. IHE define perfiles de integración que

utilizan estándares ya existentes para la integración de sistemas de manera que proporcionen una interoperabilidad efectiva y un flujo de trabajo eficiente. IHE permite alcanzar el nivel de integración exigible en la era de la historia clínica electrónica.

Cada perfil de integración IHE describe una necesidad clínica de integrar sistemas y la solución para llevarla a cabo. Define también los componentes funcionales, a los que se denominan actores IHE, y especifica con el mayor grado de detalle posible las transacciones que cada actor deberá llevar a cabo, basadas siempre en estándares como el de DICOM y HL7. (IHE, 2008)

1.4. Sistemas de almacenamiento y transmisión de imágenes digitales

El trabajo con el estándar DICOM se inició en 1983, muy temprano en la historia del desarrollo de los sistemas de almacenamiento y transmisión de imágenes digitales (PACS). Sin embargo, la imagenología digital que inspiró dichos sistemas comenzó por lo menos una década antes. (Wiley, 2005)

La primera referencia a los PACS que se conoce data de 1979 cuando Heinz Lemke –profesor de ciencias de la computación de la Universidad Técnica de Berlín– publicó un documento sobre el procesamiento de imágenes aplicadas y los métodos gráficos por ordenador en un estudio de tomografía computarizada de cabeza. (Wiley, 2005)

Un PACS está compuesto por dispositivos para la adquisición de imágenes, unidades de almacenamiento, estaciones de visualización, computadoras y bases de datos; todos ellos conectados a través de una red de comunicación e integrado a un sistema de gestión de la información. (Gutiérrez, et al., 2003)

Una típica red PACS consiste en uno o varios servidores centrales que almacenan las imágenes médicas y la base de datos que contiene las ubicaciones de las mismas. Este, o estos servidores, están conectados a uno o más clientes vía LAN o WAN quienes proveen y utilizan las imágenes. Las estaciones de trabajo clientes pueden usar los

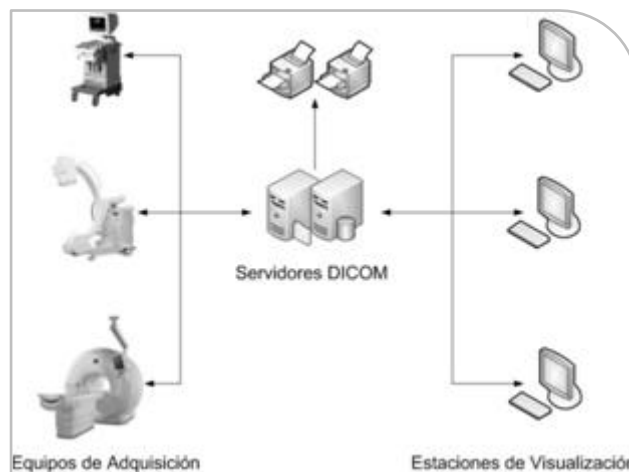


Figura Componentes Básicos de un PACS

periféricos para escanear imágenes y pasarlos al sistema, imprimir imágenes del sistema, visualizar y manipular de forma interactiva imágenes digitales (Figura 1).

El PACS debe ser capaz de recibir todos los tipos de imágenes de cualquier fabricante, saber interpretar y extraer la información de forma correcta. Es el estándar DICOM quien permite que el PACS pueda manipular imágenes de diversos tipos de equipos médicos, incluyendo ultrasonido, resonancia magnética, tomografía computarizada, densitometría ósea, entre otros.

La consecuencia más trascendente, es el cambio radical en el funcionamiento del departamento de radiología y la instauración de un entorno hospitalario sin las placas radiológicas. La ventaja principal radica en que se podrá disponer de forma inmediata del historial radiológico del paciente en cualquier punto del hospital y sin riesgo de pérdida de estudios, además de posibilitar la tele consulta y la educación a distancia.

1.5. Sistemas de información radiológica

Dada la complejidad y el gran número de información generada en el departamento de radiología de una institución hospitalaria y con el objetivo de explotar al máximo las posibilidades de los sistemas PACS, son desarrollados los sistemas RIS. Un RIS tiene la responsabilidad de manejar la información demográfica de los pacientes, programar las citas y la entrega de reportes de diagnóstico (Figura 2).

Un RIS se utiliza generalmente para la programación, tanto del paciente como de la institución, como ayuda para la solución de conflictos en los departamentos radiológicos. Una vez que los pacientes son registrados, el sistema puede monitorizar su estado. El programa de seguimiento de los pacientes identifica la localización de estos dentro del hospital, la próxima parada del paciente, los exámenes que se van a realizar y otra información adicional necesaria para el flujo eficiente de los pacientes a través del departamento.

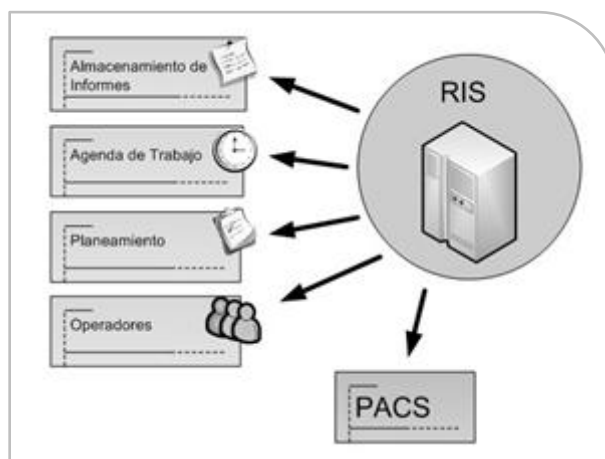


Figura Sistema de Información Radiológica

El diseño de los mismos sigue, en lo posible, el trabajo administrativo diario de un servicio de radiología docente, evitando las redundancias de datos y los inevitables errores ocasionales, a fin de facilitar la transición de métodos manuales a informatizados con el personal con el que contaban las instituciones.

En algunos ambientes, los sistemas RIS también controlan la transcripción, la recuperación de casos, captación de cobros, archivos de docencia, control de calidad, facturación, contabilidad, control de inventarios y correo electrónico.

Como los PACS y HIS los sistemas RIS se comunican con los anteriores bidireccionalmente mediante el estándar HL7. (El Hospital, 2007)

1.6. Sistemas de información hospitalaria

Los sistemas de información hospitalaria se encargan de dar seguimiento a las actividades de un paciente ya sea de tipo clínico, médico o financiero dentro de un centro hospitalario, permite administrar los mismos teniendo en cuenta finanzas y otros materiales.

Es un sistema de información orientado a satisfacer las necesidades de generación de información, para almacenar, procesar y reinterpretar datos médico-administrativos de la cualquier institución hospitalaria. Permite la optimización de los recursos humanos y materiales, además de minimizar los inconvenientes burocráticos que enfrentan los pacientes.

Todo sistema de información hospitalaria genera reportes e informes dependiendo el área o servicio para el cual se requiera, dando lugar a la retroalimentación de la calidad de la atención de los servicios de salud y permitiendo mejorar la calidad de vida de la población.

Se caracterizan por utilizar una identificación numérica para cada uno de los pacientes. Normalmente actúan como sistema base para todos los demás sistemas que interactúan en una institución hospitalaria, ya sean clínicos, financieros o administrativos relacionados con el paciente. También han sido utilizados como base para obtener datos de poblaciones para modelos de planeación de salud pública. Además se orienta mucho al inventario en farmacia, ayudando así a mantener el control de medicamentos y la administración de los mismos a los pacientes.

Los sistemas HIS pueden establecer el intercambio de información con otros sistemas externos como son los sistemas PACS y RIS por mencionar algunos, mediante el estándar HL7. (Cerritos, 2004)

1.7. Servidores de listas de trabajo

La función principal de la listas de trabajo es evitar incoherencias entre los datos generados por las modalidades y el RIS, de modo que las imágenes se asocien de forma correcta al paciente. Para esto el Worklist se encargada de interpretar las solicitudes del RIS, administrar las mismas, y proveérselas a los equipos cuando estos las soliciten. Así como retroalimentarlo del estado del estudio solicitado. (ACC/HIMSS/RSNA, 2005)

Desde el punto de vista de los técnicos de radiología, la lista de trabajo permite que en las modalidades aparezcan aquellos pacientes citados para el día de forma que ellos los puedan seleccionar y hacerles el estudio correspondiente.

Al no tener que introducir manualmente los datos de los pacientes en los equipos de adquisición, la información llega directamente del sistema RIS o del HIS.

La integración RIS-PACS permite al primero tener acceso a las imágenes de cada paciente mediante la integración con algún visor DICOM, cediéndole así al RIS la fachada del segundo. (ADS, 2008)

1.8. Conectando los sistemas de información médica

La integración de los sistemas HIS, RIS y PACS contribuye de manera decisiva a la calidad y eficiencia de los servicios prestados por el hospital, y por supuesto el departamento de radiología es el más beneficiado. La unificación facilita el acceso a todas las imágenes de radiología y los datos de los pacientes en tiempo real; desde un posible estudio imagenológico realizado recientemente hasta su historial clínico completo, así como el de sus familiares.

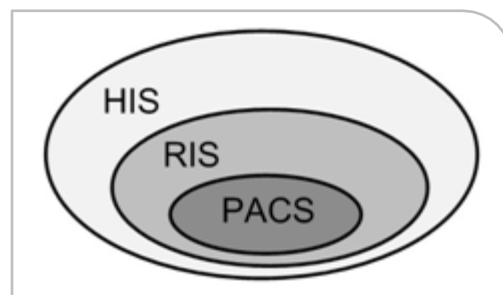


Figura Integración de los sistemas

A medida que se especializan los servicios del hospital, y con estos los sistemas, cada uno de ellos se convierte en un subconjunto del anterior (Figura 3). Actualmente esta integración esta normada por la IHE la cual define actores –en los cuales se enmarcan los sistemas antes mencionados– y transacciones que no son más que procedimientos a acometer en los flujos de trabajo de un departamento radiológico. Y quienes definen las interfaces de colaboración entre estos sistemas son los estándares HL7 y DICOM.

1.9. Estado del arte de los sistemas de información médica

1.9.1. *Los sistemas de información médica*

Actualmente en el mundo existen grandes transnacionales de la tecnología y la informática que dominan el mercado a su antojo como Siemens, Philips, AGFA, Kodak, General Electric y Fujifilm. Estas corporaciones proponen soluciones integrales para clínicas y centros especializados compuestas por equipamiento –hardware– y sistemas –software–. Una característica es que atan, en la mayoría de las ocasiones, a los clientes a una dependencia casi total de sus servicios.

Estas grandes soluciones se caracterizan por su alto costo y las ataduras a sistemas operativos y gestores de bases de datos comerciales, cuyas licencias encarecen considerablemente la solución.

La mayoría de las empresas dedicadas a la elaboración de software médico imagenológico utilizan los estándares DICOM y HL7, y la tendencia actual es el ajuste de estos sistemas para lograr la integración ideal planteada por la IHE.

Sin embargo, el mercado es muy amplio y aún se encuentra en expansión por lo que se pueden apreciar también en esta área, compañías medianas y pequeñas que luchan por una cuota del mercado. Entre ellas: IMAGE Information Systems, OptiMed Technologies, MEDIPLUS Software, PACSGEAR y Swearingen Software entre otros, dedicados a desarrollos específicos de sistemas RIS e integración de estos con los sistemas PACS. Estas compañías poseen servidores de listas de trabajo que implementan, con mayor o menor grado de complejidad, algunos protocolos para la integración de sus sistemas de gestión de información con los PACS, aunque pocos cumplen las normas definidas por la IHE.

En Cuba, con la adquisición de equipos médicos de alta tecnología, se está fomentando la creación de sistemas propios que permitan una mayor explotación de los recursos adquiridos, evitando así el gasto

monetario que supondría comprar software corporativos altamente costosos, que conllevaría además a crear dependencias inevitables con compañías extranjeras.

Para ello el Centro de Biofísica Médica, de la Universidad de Oriente, en 1998 desarrolló y puso en explotación un sistema PACS nombrado iMagis. En el año 2005 se planteó la idea de crear una nueva solución –alasPACS– por parte la UCI que lo reemplazara, abarcando las funcionalidades ya cubiertas por este y aproximándose más a las tendencias del mundo actual en lo que concierne al tema.

Actualmente el sistema alasPACS está siendo explotado en 10 hospitales nacionales y en fase de pilotaje en el Complejo de Salud Integral “Dr. Salvador Allende” en Venezuela; donde se encuentra en fase de despliegue un sistema de gestión de información radiológica –alasRIS– desarrollado también en la UCI.

1.9.2. Servidores de listas de trabajo

La mayoría de los monopolios del software médico no comercializan estos servidores de forma independiente, sino como parte de soluciones integrales PACS-RIS, excepto algunos casos como los que se mencionan a continuación.

1.9.2.1. iQ-WORKLIST (IMAGE Information Systems)

Se ejecuta como un servicio de Windows, compatible con HL7 2.x, crea las listas de trabajo basadas en la programación de las citas, soporta un número ilimitado de nodos DICOM, y es compatible con cualquier cliente Worklist DICOM. (IMAGE Information Systems, 2008)

1.9.2.2. OptiMed Worklist (OptiMed Technologies)

Solución compatible con mensajería HL7 y comunicación DICOM compatible. Usa como gestor de base de datos a Oracle. (OptiMed Technologies, 2007)

1.9.2.3. Fast Worklist (MEDIPLUS Software)

Compatible con el estándar DICOM, se ejecuta sobre plataforma Windows, soporta un número ilimitado de nodos DICOM. (MediPlus Software, 2007)

1.9.2.4. PacsConnect (PACSGEAR)

Soporta interfaces de comunicación HL7 y DICOM. Crea las listas de trabajo basadas en la programación de las citas y las administra. (PACSGEAR, 2008)

1.9.2.5. DICOM Worklist Manger (Swearingen Software)

Soporta un número ilimitado de nodos DICOM, integración con RISynergy (RIS de la propia compañía), y usa como gestor de base de datos Pervasive SQL. (Swearingen Software, 2008)

Los servidores de listas de trabajo mencionados tienen un denominador común: son comerciales; lo que implica que la adquisición de uno de ellos equivaldría un costo elevado debido a la especialización del mismo, las dependencias de otros sistemas mayormente propietarios, la configuración y el soporte. Esto podría suponer –en dependencia del tamaño de la red imagenológica– un gasto ascendente a 50 mil dólares americanos según cálculos conservadores. Razón de más para reafirmar la elaboración de un sistema propio.

1.10. Herramientas y tecnologías utilizadas

El desarrollo de los equipos médicos actuales y las tendencias actuales de evolución de los mismos están muy ligados a las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones (TICs), por lo que se hace necesario un estudio detallado de las tecnologías y herramientas más usadas en el desarrollo de aplicaciones informáticas para la salud.

1.10.1. *Microsoft Visual C# 2.0*

Es un lenguaje de programación moderno, completamente orientado a objetos y se podría decir que es una evolución de los lenguajes C++ y Java, ya que incorpora las mejoras características de cada uno de ellos. C# es simple, eficaz, con seguridad de tipos. Permite desarrollar aplicaciones rápidamente y mantiene la expresividad y elegancia de los lenguajes de tipo C. Las aplicaciones desarrolladas en el son multiplataforma y compatibles con el sistema operativo Linux.

La biblioteca de clases .NET Framework es un conjunto de clases que ayudan a reducir enormemente el trabajo de desarrollo, estas clases están ordenadas por distintas categorías lo que se conoce como espacios de nombres (Namespaces en inglés). Existen clases para todo tipo de funcionalidad: para trabajar con archivos, acceder a bases de datos, acceso a servicios del sistema, ejecución de hilos, comunicaciones en red, seguridad, crear aplicaciones Windows, Web, etc. Todo esto ayuda al desarrollador y acelera el ciclo de vida de desarrollo en gran medida.

1.10.2. *Microsoft Visual Studio Team Suite 2005*

Microsoft Visual Studio Team Suite 2005 es uno de los mejores IDE de la actualidad. Es un conjunto completo de herramientas de desarrollo para la generación de aplicaciones Web ASP.NET, Servicios Web y Windows, aplicaciones de escritorio y aplicaciones móviles. Utiliza como marco de trabajo el .NET Framework 2.0 el cual brinda mejoras como el manejo de datos genéricos y conjuntos de datos, la sincronización de hilos, acceso a datos. El manejo eficiente de errores facilitado por las enriquecidas opciones de depuración que brindan información de forma intuitiva. Entre otras funcionalidades novedosas. (Microsoft Corporation, 2008)

La elección de dicho IDE se basa sobre todo en su productividad y la rapidez de desarrollo de aplicaciones en el mismo, como se muestra en la siguiente tabla.

| Tarea de desarrollo | Porcentaje de ahorro | Comentarios |
|---------------------------|----------------------|---|
| Generación automatizada | 1.7% | <ul style="list-style-type: none"> - Se reduce el tiempo del proceso de generación. - Los responsables de desarrollo dedican menos tiempo al proceso de generación. |
| Control del código fuente | 14.5% | <ul style="list-style-type: none"> - Administrar el sistema de control del código fuente requiere menos tiempo. - Las funciones avanzadas y un sistema con mejor rendimiento aumentan la productividad. |
| Resolución de defectos | 11.6% | <ul style="list-style-type: none"> - El seguimiento de elementos de trabajo integrados, el seguimiento de defectos y el control del código fuente, así como la posibilidad de |

| | | |
|--------------------------------|------|--|
| | | realizar consultas personalizadas, hacen que la resolución de problemas sea más rápida y sencilla, lo que supone un ahorro de tiempo considerable para el desarrollador durante la fase de prueba. |
| Reducción del trabajo repetido | 6.7% | - Una mejor gestión del control del código fuente y de la generación, así como una resolución de defectos más rápida, mejoran la calidad y reducen la repetición del trabajo, lo que supone un ahorro de tiempo considerable para el responsable de desarrollo durante la fase de revisión y examen. |

Tabla Rapidez de desarrollo

1.10.3. *Subversion 1.5.4*

Para el control de versiones se utiliza Subversion, el cual se puede integrar a Visual Studio, este maneja eficientemente archivos binarios a diferencia de otros sistemas de control de versiones, que los tratan internamente como si fueran de texto. Posee un historial de los archivos y directorios a través de copias y renombrados. Las modificaciones –incluyendo cambios a varios archivos– son atómicas. Permite selectivamente el bloqueo de archivos. Se usa en archivos binarios que, al no poder fusionarse fácilmente, conviene que no sean editados por más de una persona a la vez. (Tigris, 2008)

1.10.4. *MyDICOM.NET .SDK.5.2.3*

En la actualidad existen varias librerías para el trabajo y manejo de DICOM, dentro de las que se destacan Java DICOM Toolkit, DCMTK, OpenDICOM y MyDICOM.NET.

MyDICOM.NET es un conjunto de librerías que implementan el estándar DICOM. Las mismas están desarrolladas sobre el lenguaje C#. Entre sus servicios más importantes están los de transmisión, visualización, impresión y mensajería DICOM.

Para el desarrollo del sistema se usó la librería MyDICOM por su facilidad de uso. Además de estar construidas en C#, lo cual ayuda a una mejor comprensión de su funcionamiento y de los ejemplos de MyDICOM.SDK. Dichas librerías poseen un soporte continuo y son compatibles completamente con MONO para el desarrollo de aplicaciones para Linux. (My DICOM, 2008)

1.10.5. *PostgreSQL 8.3*

PostgreSQL es un servidor de base de datos relacional orientada a objetos de software libre, publicado bajo la licencia BSD. Como muchos otros proyectos de código abierto (open source), el desarrollo de PostgreSQL no es manejado por una sola compañía sino que es dirigido por una comunidad de desarrolladores y organizaciones comerciales las cuales trabajan en su desarrollo. (PostgreSQL, 2008)

Aproxima los datos a un modelo objeto-relacional, y es capaz de manejar complejas rutinas y reglas. Ejemplos de su avanzada funcionalidad son consultas SQL declarativas, control de concurrencia multi-versión, soporte multi-usuario, optimización de consultas, herencia, y arreglos. Es altamente escalable, tanto en la cantidad de datos que puede manipular como la cantidad de usuarios concurrentes que soporta. Es multiplataforma y además soporta procedimientos almacenados y triggers, los cuales pueden ser escritos usando lenguajes como PL/PgSQL, C++, Java PL/Java web, PL/Python y pPHP.

Es compatible con versiones anteriores, proporcionando que las bases de datos desarrolladas en él, sean compatibles con las diferentes distribuciones de Linux como Debian.

1.10.6. *RUP*

El Proceso Unificado de Rational, habitualmente resumido como RUP, 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 a nivel mundial. Brinda una información detallada de las etapas, ciclos, flujos de trabajo y artefactos en el desarrollo de un software. Es un proceso iterativo e incremental. (Innova, Grupo Soluciones, 2007)

El ciclo de vida RUP es una implementación del desarrollo en espiral. Fue creado ensamblando los elementos en secuencias semi-ordenadas. El ciclo de vida organiza las tareas en fases e iteraciones. Esta metodología divide el proceso en cuatro fases, dentro de las cuales se realizan varias iteraciones en número variable según el proyecto y en las que se hace un mayor o menor hincapié en las distintas actividades.

Define qué, cuándo y quién debe realizar una tarea especificada. Organiza el desarrollo para poder hacer planificaciones y definir hitos que posibiliten controlar el progreso del proceso de desarrollo.

1.10.7. *UML 2.1*

UML es un lenguaje de modelado visual que se usa para especificar, visualizar, construir y documentar artefactos de un sistema de software. Captura decisiones y conocimiento sobre los sistemas que se deben construir. Se usa para entender, diseñar, hojear, configurar, mantener, y controlar la información sobre tales sistemas. (Rumbaugh, et al., 2000)

1.10.8. *Enterprise Architect 7.1*

Enterprise Architect es una herramienta CASE que combina la potencia de la última especificación UML 2.1 con un alto rendimiento, interfaz intuitiva de usuario, para realizar avanzados de modelados en el sistema, y para completar el desarrollo de la aplicación. (Sparx Systems, 2008)

Cubre el ciclo completo de desarrollo desde el modelado del negocio hasta implementación y despliegue. Es una herramienta gráfica multiusuario diseñada para construir y mantener software robusto. Permite además el trabajo concurrente sobre un mismo fichero y facilita la generación de documentación.

En este capítulo se explicaron los conceptos relacionados con PACS, HIS, RIS y Worklist, así como los estándares DICOM y HL7, y las normas IHE como propuesta para la integración de sistemas. Se hizo un análisis del estado del arte y de las tendencias actuales en el desarrollo de sistemas de este tipo. Se expusieron las herramientas y tecnologías a utilizar.

Capítulo 2. Características del sistema

En el presente capítulo se abordan el objeto de automatización, la información que será manejada por el sistema, la descripción del negocio, así como algunos de los artefactos definidos por RUP en la fase de inicio.

2.1. Objeto de automatización

El sistema alasPACSWorklist tiene como objeto de automatización a los procesos de gestión y envío de las listas de trabajo de los equipos de adquisición de un departamento de radiología, o una clínica radiológica. Estos serían la gestión de listas de trabajo, transmisión de listas de trabajo y reporte de estado de los estudios imagenológicos.

Después del proceso de admisión de pacientes realizado en algún sistema de información como el RIS o el HIS, este prosigue con el proceso de gestión de citas, el cual incluye los procesos de reservación, reprogramación y cancelación de las mismas. El sistema de información envía las citas al Worklist, el que se encarga del proceso de gestión de listas de trabajo. El Worklist toma la información de las citas de los pacientes de un departamento de radiología pendientes de realización de estudios imagenológicos y confecciona las listas de trabajo para los equipos de adquisición.

El proceso de transmisión de las listas de trabajo se realiza a consecuencia de una solicitud enviada por el equipo de adquisición, así el sistema le envía la lista de trabajo al equipo, consecuente con la petición realizada por el mismo, la que contiene los datos de los pacientes y el estudio que se le realizará, según la cita programada.

Para el reporte del estado del estudio imagenológico, se realiza en el transcurso del proceso de adquisición de imágenes en el equipo, lo que es lo mismo que cuando se le está efectuando el estudio al paciente. Este se encarga de mantener actualizado el sistema PACS-RIS del estado del estudio, del que se reporta: cuando se inició, se canceló o se terminó.

En un flujo de trabajo de un departamento de radiología es muy importante hoy en día contar con un sistema PACS, que sea capaz de explotar al máximo las capacidades del departamento. Además de un sistema RIS que posibilite administrar todo el proceso y gestionar toda la información asociada con el

mismo. Para el mejor funcionamiento de estos sistemas en el departamento se ve la necesidad de un sistema Worklist para lograr un eficiente funcionamiento y coherencia en los datos que entre estos se manejan.

2.2. Información que se maneja

En el flujo de trabajo que se enmarca el sistema se procesa la información de las citas de los pacientes que es enviada por un sistema de gestión, con esta se conforman las listas de trabajo, las cuales contienen la información del paciente, datos demográficos y datos de la modalidad hacia la cual se remite. Además de mensajes que se encargan de mantener actualizada la información en los sistemas PACS-RIS.

2.3. Sistema propuesto

Con el estudio de las funcionalidades existentes en otros sistemas, lo estipulado en el estándar DICOM 3.0 y las normativas de IHE, para la integración de sistemas intrahospitalarios; para dar solución al problema existente, se plantea crear un sistema poco costoso y que logre una eficiente integración con otros sistemas desarrollados por el Grupo de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales como son alasPACS y alasRIS. alasPACSWorklist debe brindar servicios a diferentes clientes, de diferentes fabricantes y diferentes modalidades, siempre que sean compatibles con DICOM 3.0; gestionar la transmisión y almacenamiento de las listas de trabajo, así como garantizar la disponibilidad y coherencia de las mismas.

Con este sistema un departamento de radiología lograría trabajar de una forma más eficiente, lo cual se traduce en una mayor calidad de los servicios prestados; el técnico no tendría que introducir los datos del paciente en el equipo, porque estos ya vendrían en la lista de trabajo. Mantendría actualizado a los sistemas PACS-RIS del estado en que se encuentra un estudio imagenológico. Permitiría explotar al máximo las posibilidades una red radiológica.

2.4. Modelo del negocio

El modelado del negocio es una técnica para comprender los procesos de negocio de la organización. El objetivo es identificar los casos de uso del software y las entidades del negocio relevantes que el software

debe soportar, de forma que se pueda modelar solo lo necesario para comprender el contexto. (Jacobson, et al., 1999)

2.4.1. Representación

En el marco que se establece el negocio, el principal beneficiado es el paciente. Este constituye el único actor del negocio. Ver en la tabla 2.

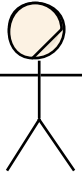
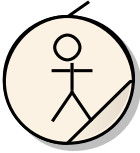
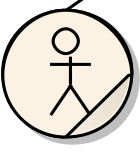
| Actores del negocio | Descripción |
|--|---|
|  <p data-bbox="315 892 431 919">Paciente</p> | <p data-bbox="667 699 1133 730">Interviene en el proceso de negocio.</p> <p data-bbox="667 747 1406 827">Se beneficia con los servicios médicos que brinda la clínica.</p> <p data-bbox="667 848 1406 928">Es el centro de la gestión de la información y protagonista principal del negocio.</p> |

Tabla Actores del negocio

Los trabajadores del negocio no son más que las personas que interactúan con el sistema cumpliendo determinados roles en el negocio. La tabla 3 describe los principales trabajadores del negocio así como su descripción.

| Trabajadores del Negocio | Descripción |
|--|--|
|  <p data-bbox="386 1444 540 1476">Secretaria</p> | <p data-bbox="667 1247 1406 1373">Se encarga de la admisión de los pacientes, la gestión de las citas para la realización de los exámenes o las consultas.</p> <p data-bbox="667 1394 1227 1425">Gestiona el calendario de los especialistas.</p> <p data-bbox="667 1446 1406 1526">Se encarga de la entrega de los informes diagnósticos a los pacientes.</p> |
|  <p data-bbox="363 1728 540 1759">Técnico Rx</p> | <p data-bbox="667 1625 1406 1705">Técnicos en radiología que realizan los estudios en los equipos de adquisición de imágenes.</p> |

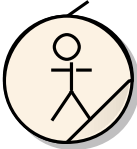
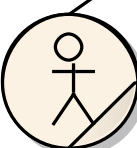
| | |
|---|--|
|  <p>Especialista</p> | <p>Médico especialista en imagenología o radiólogo. Es quien emite los informes diagnósticos de los estudios realizados.</p> |
|  <p>Transcriptor</p> | <p>Persona encargada de transcribir los archivos de audio generados por los especialistas.</p> |

Tabla Trabajadores del negocio

En la figura 4 se muestra el diagrama de casos de uso del negocio que contiene las relaciones entre los casos de uso y los actores, o el actor –en este caso–, del sistema.

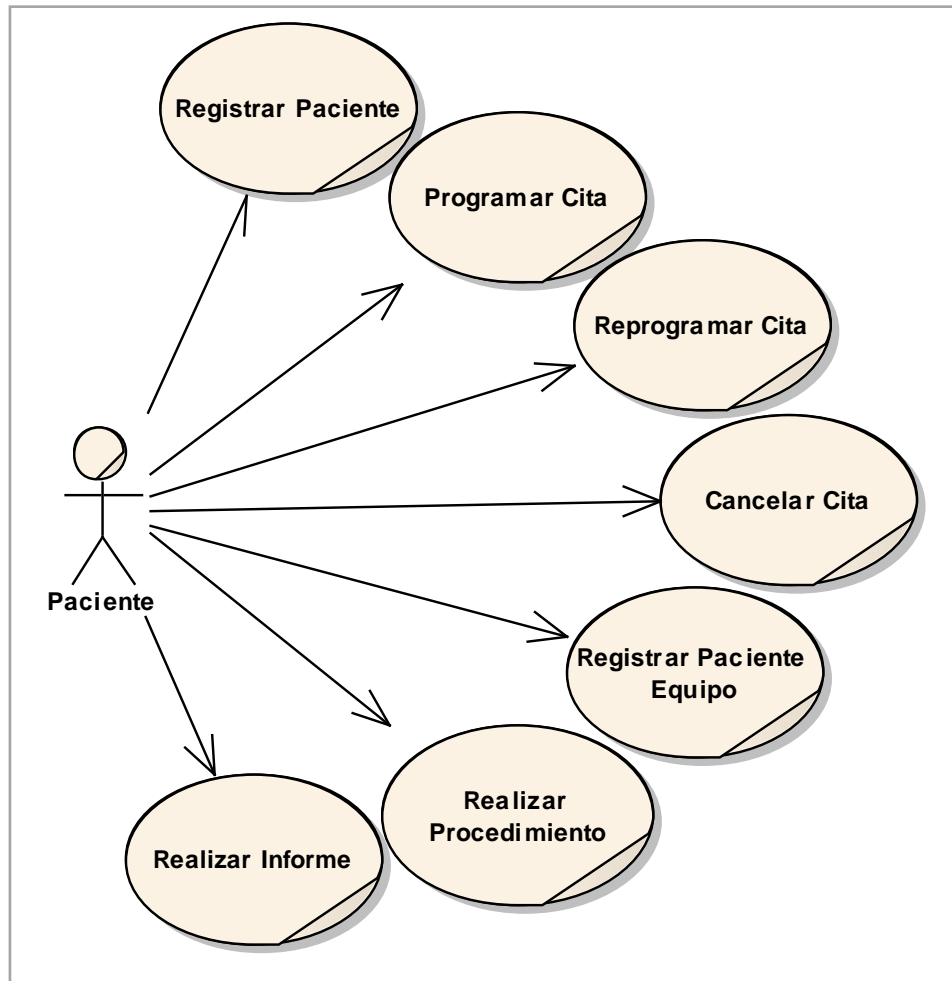


Figura Modelo de negocio

2.4.2. Diagrama de clases del modelo

El diagrama de clases de los objetos del negocio, muestra la intervención de los trabajadores y entidades del negocio y la relación entre ellos. Representa además la asociación, los distintos tipos de relaciones entre las entidades de negocio –agregación, composición y generalización/especialización–, la cardinalidad y navegabilidad de las relaciones. En la figura 5 se muestra el modelo de objetos del negocio.

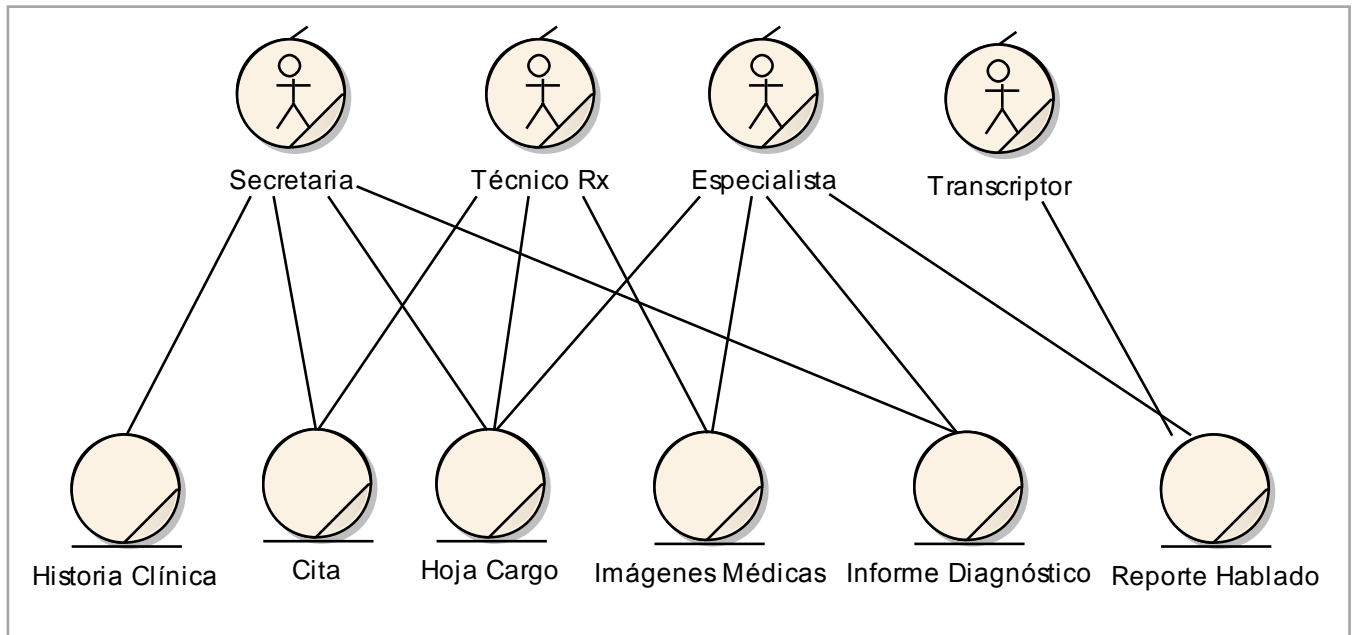


Figura Diagrama de clases del modelo

2.4.3. Diagramas de actividades del negocio

Los diagramas de actividades del negocio describen la secuencia de actividades y permiten plasmar el comportamiento condicional y paralelo de los casos de uso.

Caso de uso Registrar paciente

El caso de uso se inicia cuando el paciente se presenta en la clínica por alguna razón. La secretaria recepcionista solicita los datos al paciente, el mismo informa los datos a la secretaria; esta ingresa los datos del paciente y los registra en el sistema, creando así una Historia Clínica Radiológica.

En la figura 6 se describe gráficamente el proceso.

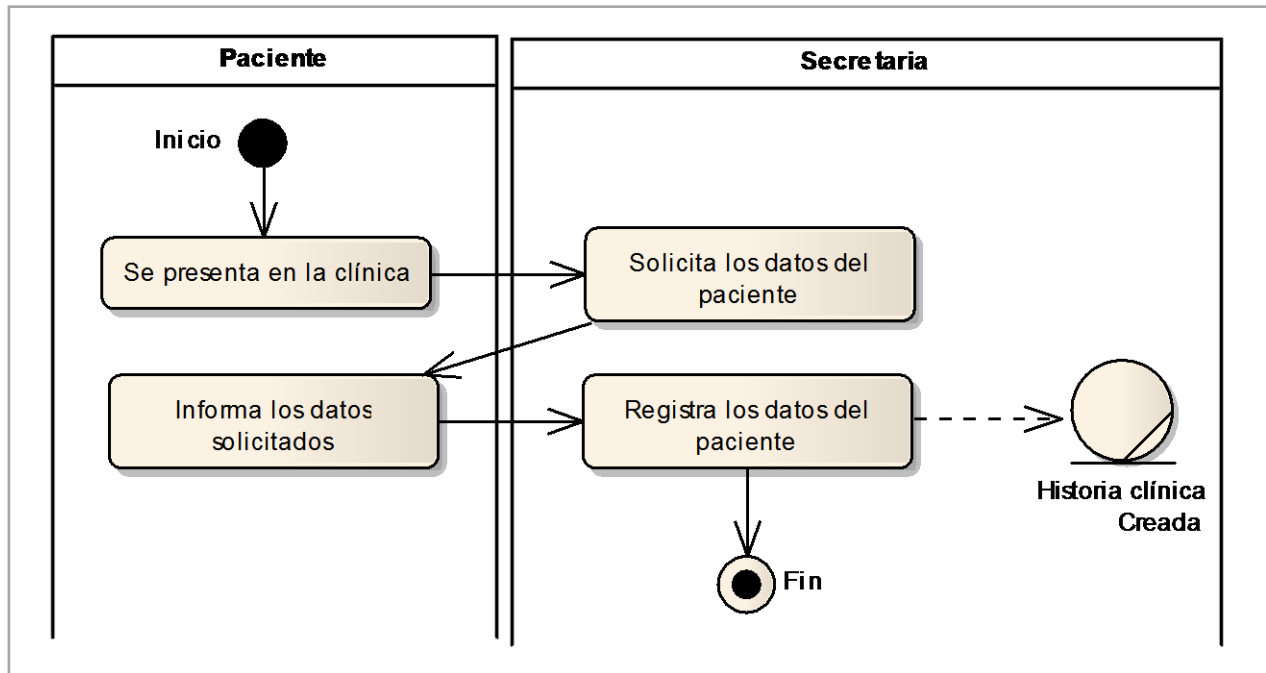


Figura Diagrama de actividades: CUN Registrar paciente

Caso de uso Programar cita

El caso de uso se inicia cuando el paciente se presenta en la clínica para reservar una cita con un equipo médico. La secretaria solicita al paciente la remisión de un especialista, de no tenerla o estar incorrecta, informa que tiene que tener una remisión de un especialista o que la misma no es correcta. Si la remisión es correcta, la secretaria propone datos para la cita. Si el paciente no está de acuerdo con los datos, se le proponen nuevos datos. Registra la cita la imprime y se la entrega al paciente. Agrega la cita a la hoja de cargo y al completar el un día se le entrega al técnico de Rx.

En figura 7 se muestra el diagrama de actividades del CUN Programar cita.

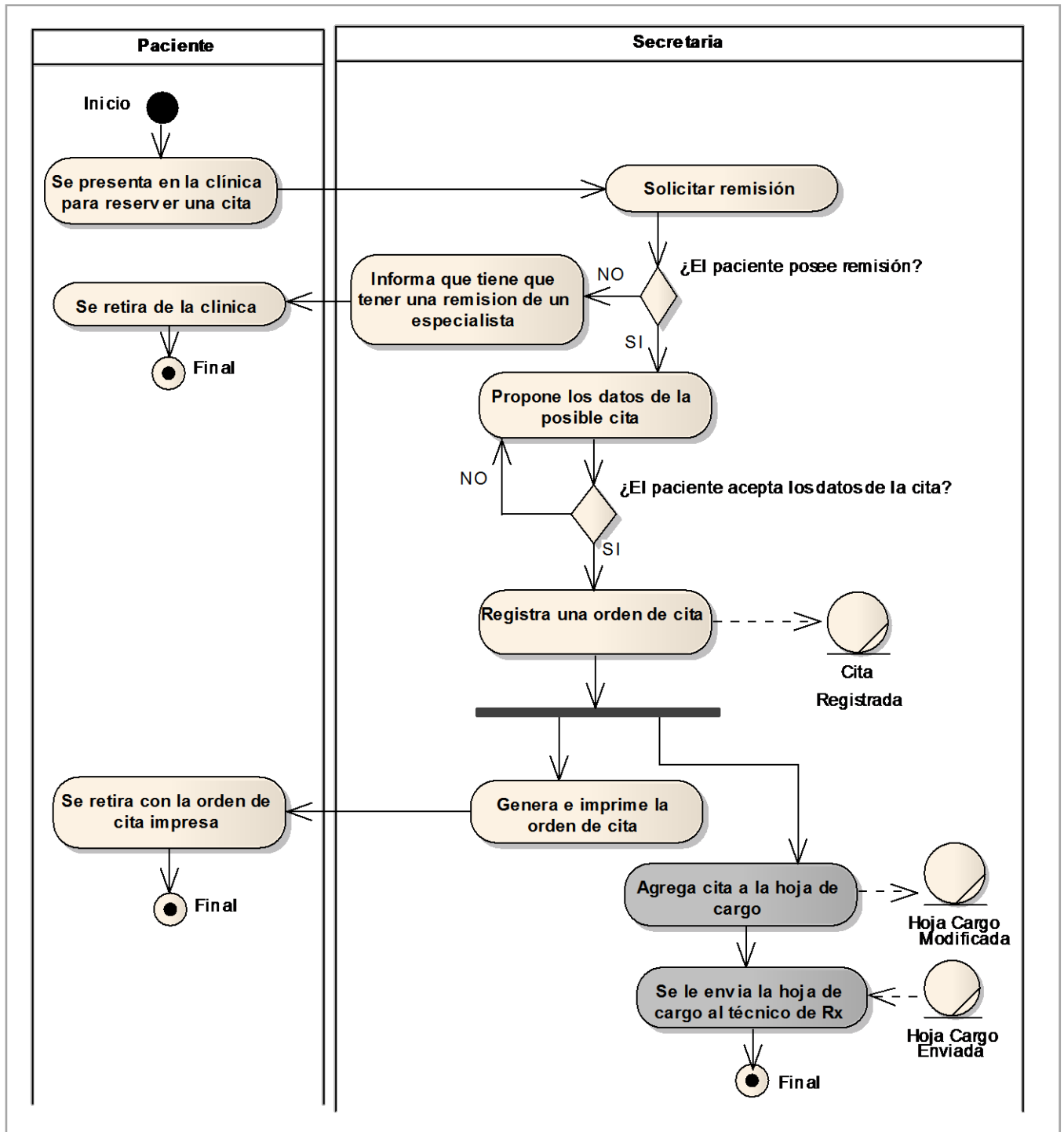


Figura Diagrama de actividades: CUN Programar cita

Caso de uso Reprogramar cita

El caso de uso se inicia cuando el paciente llega a la clínica para cambiar la fecha de su cita con un equipo médico. La secretaria le solicita los datos de su cita, el paciente le informa los datos. La secretaria localiza la cita, si la cita no existe, se lo informa al paciente y este se retira. Si existe la cita propone nuevos datos para la misma hasta que el paciente esté conforme con los datos de la nueva cita. La secretaria modifica la cita existente, imprime la cita y se la entrega al paciente. Actualiza la hoja de cargo.

A continuación se modela el diagrama de actividades del CUN Reprogramar cita

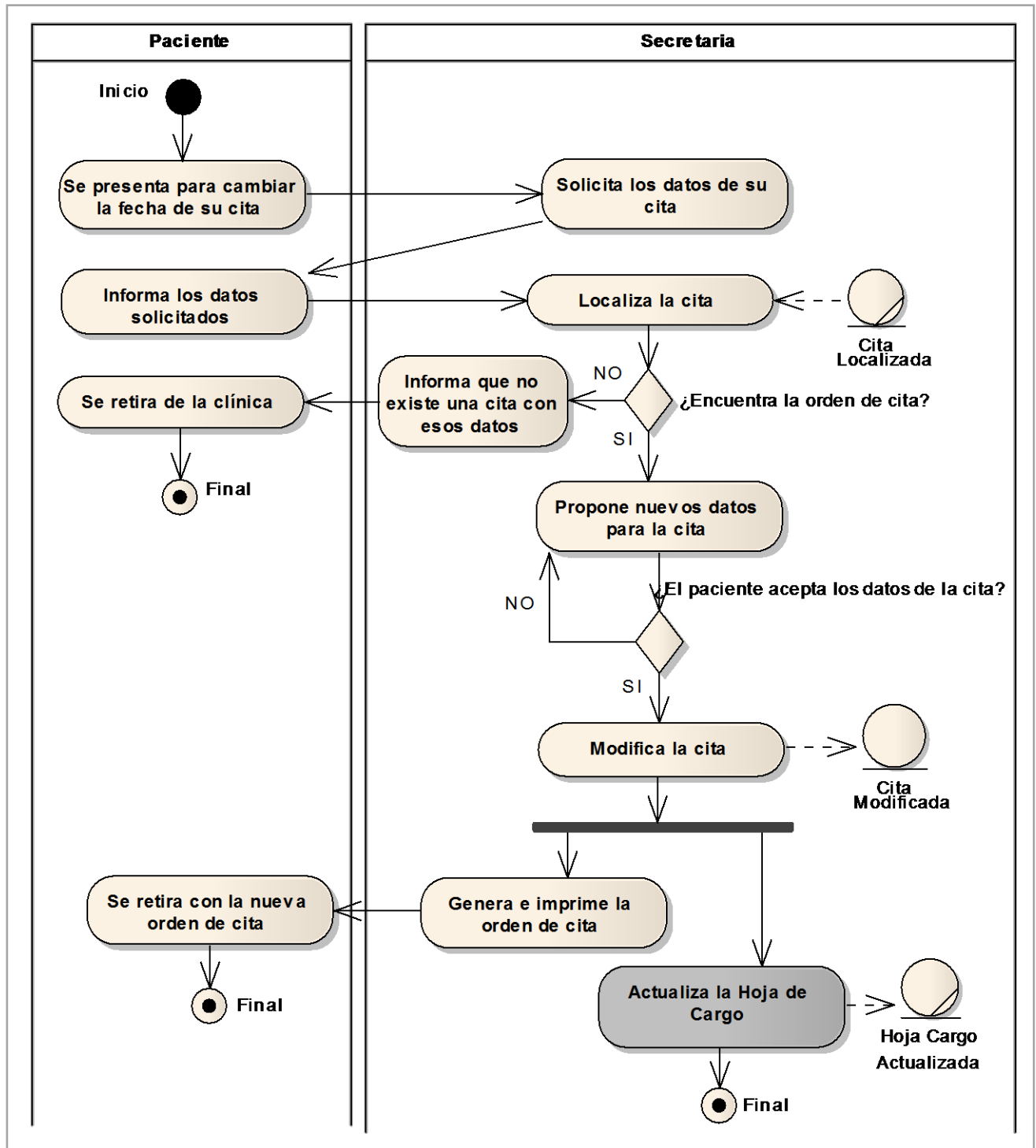


Figura Diagrama de actividades: CUN Reprogramar cita

Caso de uso Cancelar cita

El caso de uso se inicia cuando el paciente se presenta en la clínica para cancelar su cita con un equipo médico. La secretaria solicita los datos de la cita al paciente, el mismo informa los datos de esta. La secretaria localiza la cita, si no existe, se lo informa al paciente. En caso que exista, se procede a cancelar la cita. Finalmente se actualiza la hoja de cargo.

En la figura 9 se representa el diagrama de actividades del CUN Cancelar cita

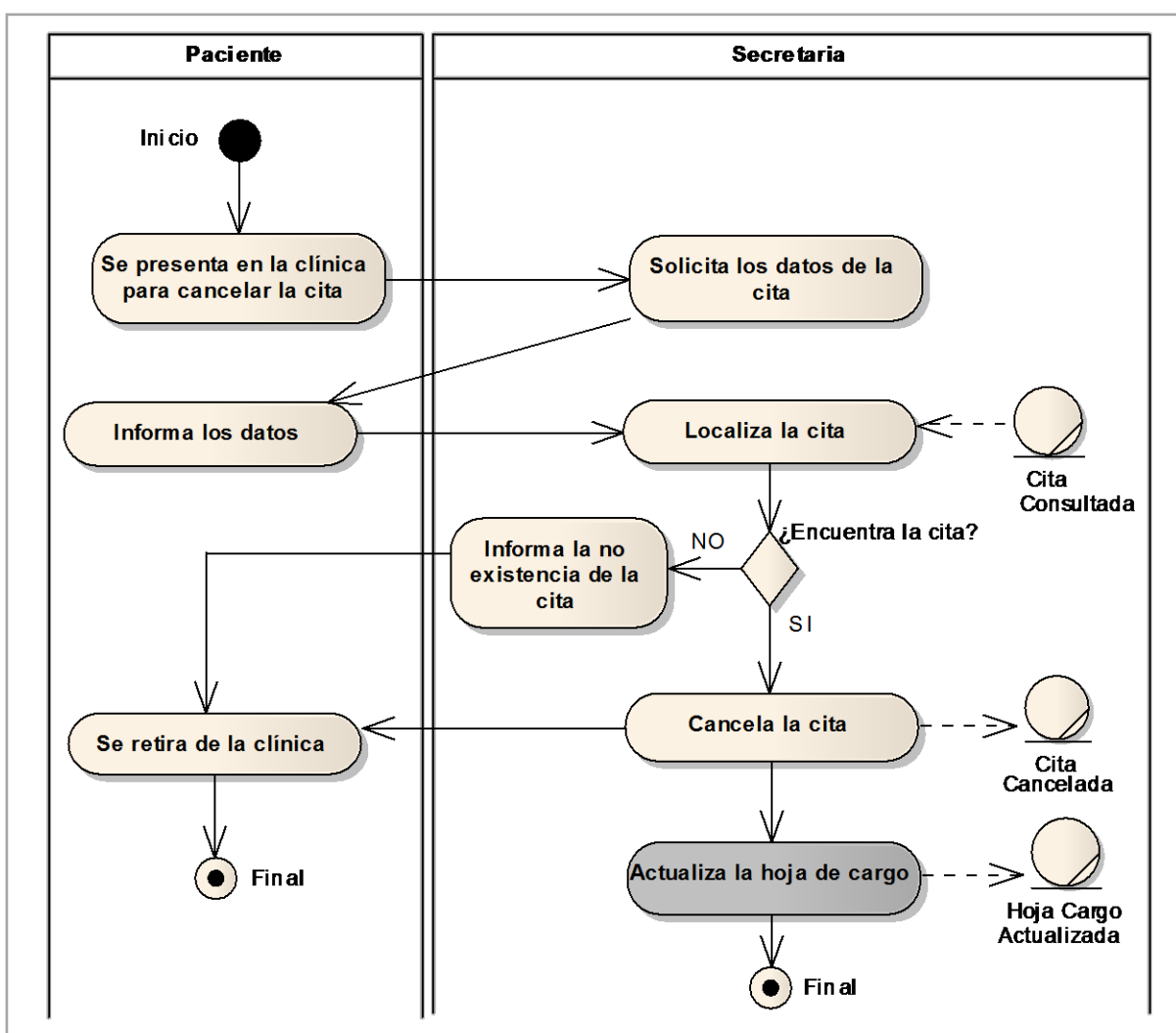


Figura Diagrama de actividades: CUN Cancelar cita

Caso de uso Registrar paciente equipo

Al llegar al paciente al equipo, este le entrega la orden de examen al técnico de Rx y con ella, este último, procede a verificar la orden en la hoja de cargo. En caso de que no se encuentre en la hoja de cargo se le informa al paciente y este se retira del departamento. En caso afirmativo el técnico le solicita los datos al paciente y los introduce en el equipo.

La siguiente figura muestra el diagrama de actividades del CUN Registrar paciente equipo.

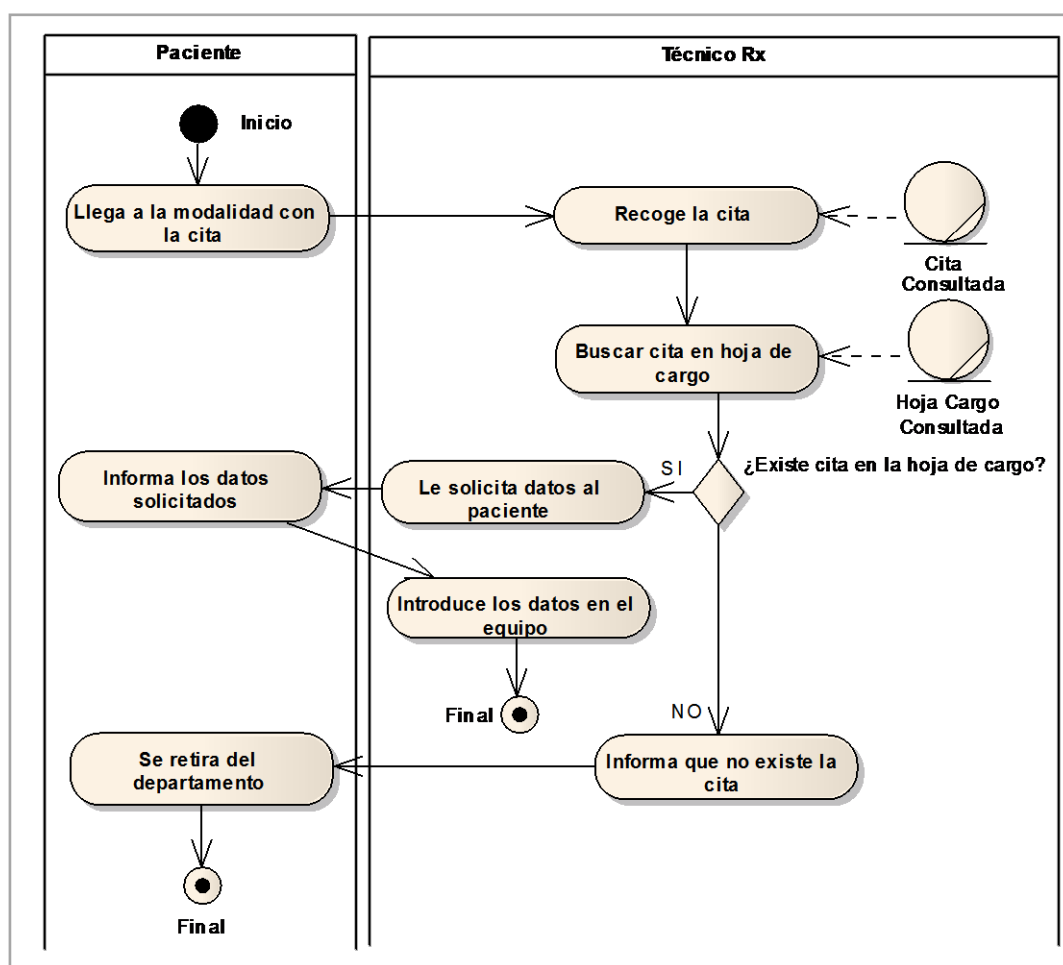


Figura Diagrama de actividades: CUN Registrar paciente equipo

Caso de uso Realizar procedimiento¹

Luego de registrar los datos del paciente (CUN: Registrar paciente equipo), este se posiciona en el equipo y el técnico comienza la adquisición de las imágenes. Durante el proceso se generan las imágenes médicas que son almacenadas temporalmente en el propio equipo. Al terminar la generación de las imágenes, se le informa al paciente que ya se puede levantar y se procede al almacenamiento de las imágenes en el servidor de imágenes médicas. Luego el técnico actualiza la hoja de cargo y finalmente le entrega la orden de recogida del examen al paciente, y este último se retira del departamento.

La figura 11 ilustra el flujo de las actividades del CUN Realizar procedimiento.

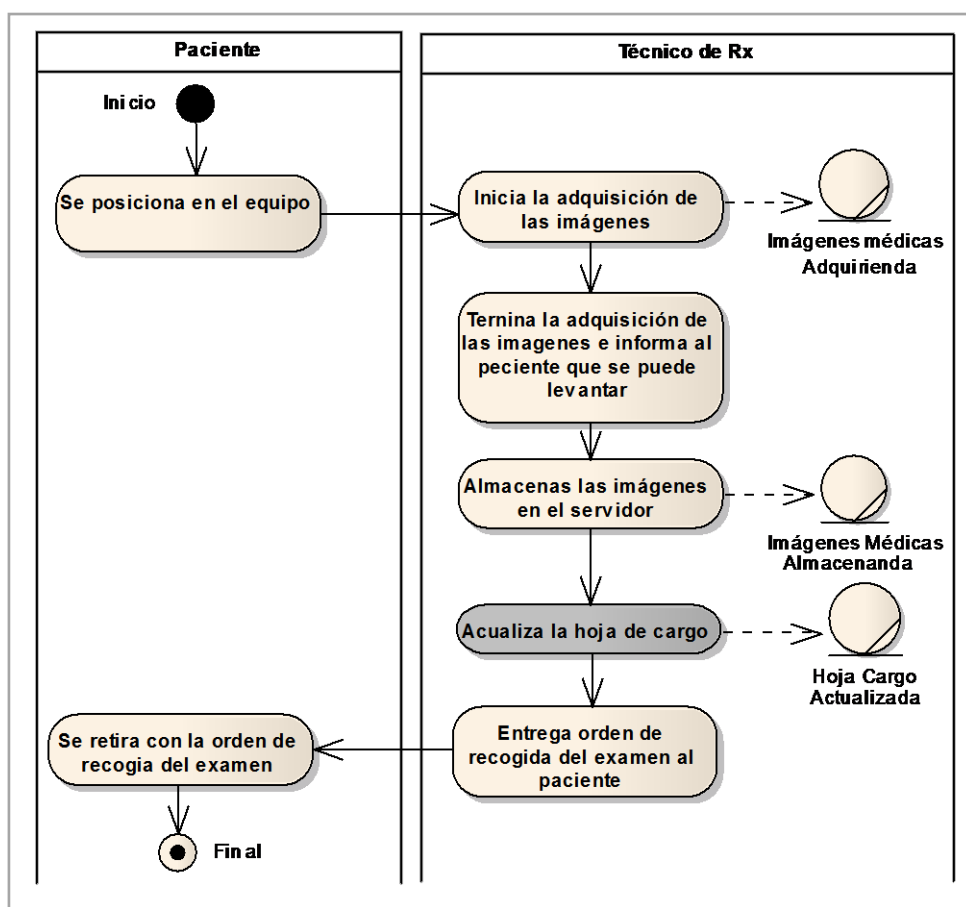


Figura Diagrama de actividades: CUN Realizar Procedimiento

¹ Se refiere al proceso de adquisición de las imágenes médicas generadas por los equipos imagenológicos.

Caso de uso Realizar informe

Al final del día, o cada cierto período de tiempo, el técnico le entrega al especialista la hoja de cargo la cual contiene la lista de todos los estudios realizados en ese período de tiempo. Luego el especialista localiza las imágenes correspondientes a cada estudio en el servidor, las analiza y procede a emitir un diagnóstico. En dependencia de si el radiólogo posee un transcriptor o no, este procede a realizar el reporte hablado o escrito respectivamente. En el caso que posea un transcriptor, este recopila los reportes hablados, los transcribe, los imprime y los envía al especialista el cual los revisa y los firma para luego enviárselos a la secretaria.

En la figura 12 se muestra el diagrama de actividades del CUN Realizar informe.

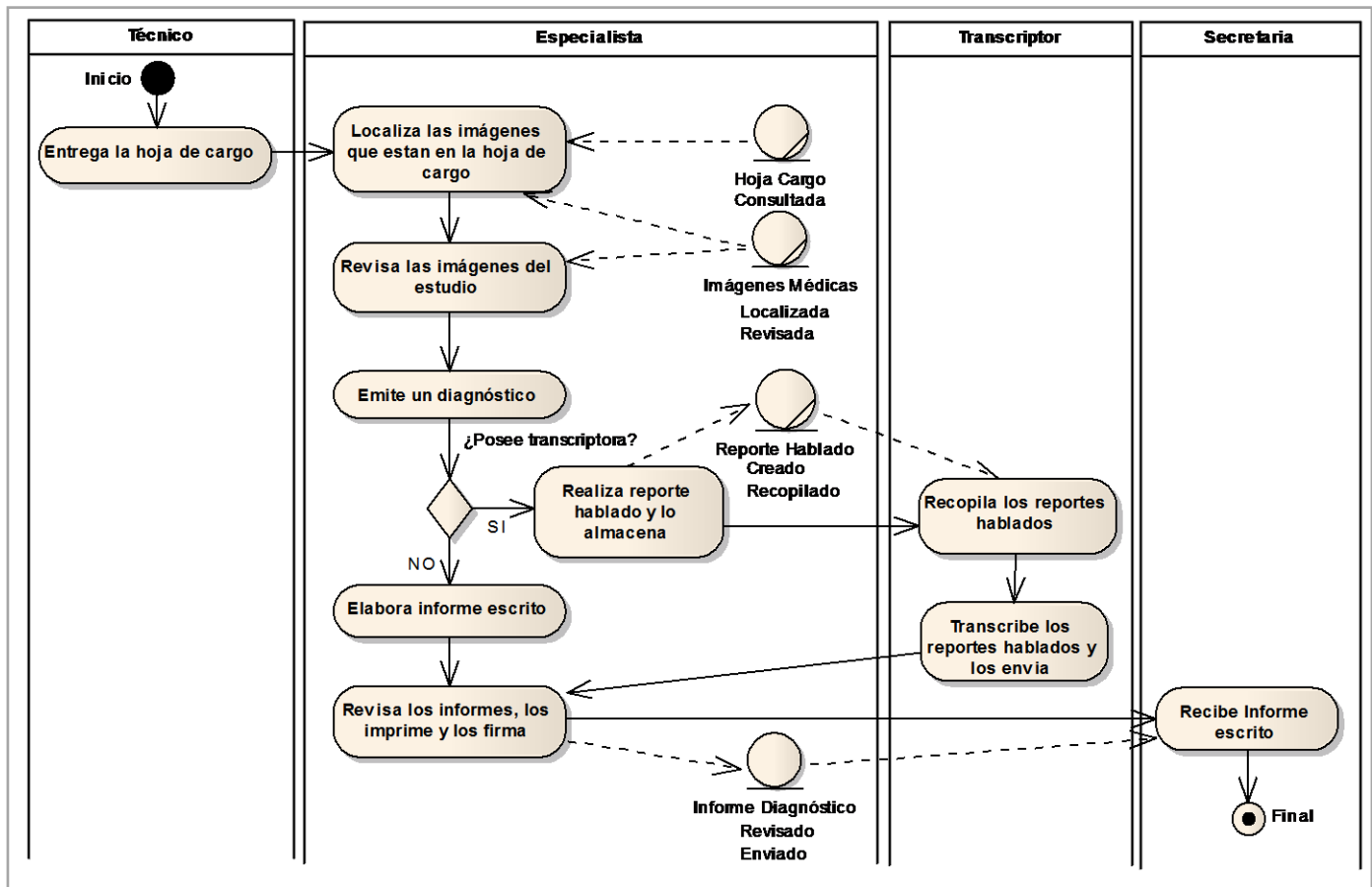


Figura Diagrama de actividades: CUN Realizar informe

2.5. Especificación de los requisitos de software

La descripción de los requisitos del sistema permite guiar el desarrollo a un sistema correcto. Son las condiciones o capacidades que el sistema debe cumplir. Con la especificación de los mismos se obtiene una descripción detallada de las necesidades de un producto informático. (Jacobson, y otros, 1999)

2.5.1. Requerimientos funcionales

Los tabla 4 muestra los requisitos funcionales de la aplicación.

| Alias | Requerimiento | Descripción |
|--------|--|---|
| RF 1.1 | Agregar cita con equipo | Permite al sistema recibir notificaciones desde sistemas externos con el fin de insertar un nuevo estudio a la lista de trabajo. |
| RF 1.2 | Actualizar cita con equipo | Permite al sistema recibir notificaciones desde sistemas externos con el fin de actualizar un estudio existente en la lista de trabajo. |
| RF 1.3 | Cancelar cita con equipo | Permite al sistema recibir notificaciones desde sistemas externos con el fin de eliminar un estudio existente en la lista de trabajo. |
| RF 2.1 | Conformar lista de trabajo | Elabora una lista de trabajo personalizada en dependencia de la solicitud que realice el equipo. |
| RF 2.2 | Enviar lista de trabajo al equipo | Le envía la lista de trabajo previamente confeccionada al equipo. |
| RF 2.3 | Visualizar listas de trabajo | Permite visualizar listas de trabajo personalizadas. |
| RF 3 | Notificar a sistemas externos el estado del estudio | Envía notificaciones a los sistemas externos acerca del estado de realización del estudio. |
| RF 4.1 | Registrar los equipos que pueden obtener las listas de trabajo | Adiciona a la configuración los nodos que tendrán acceso a las listas de trabajo. |
| RF 4.2 | Modificar parámetros de | Permite modificar los parámetros de configuración del |

| | | |
|--------|-------------------------------------|---|
| | configuración del sistema | sistema. |
| RF 4.3 | Salvar la configuración del sistema | Permite salvar la configuración del sistema en un archivo. |
| RF 4.4 | Cargar la configuración del sistema | Permite recargar la configuración del sistema previamente salvada. |
| RF 4.5 | Registrar los sucesos ocurridos | Permite almacenar información de los sucesos ocurridos en el servidor de listas de trabajo. |
| RF 4.6 | Visualizar los sucesos ocurridos | Permite visualizar los sucesos del sistema previamente registrados. |

Tabla Requerimientos funcionales del software

En la figura 13 se muestran los requerimientos funcionales agrupados en paquetes lógicos.

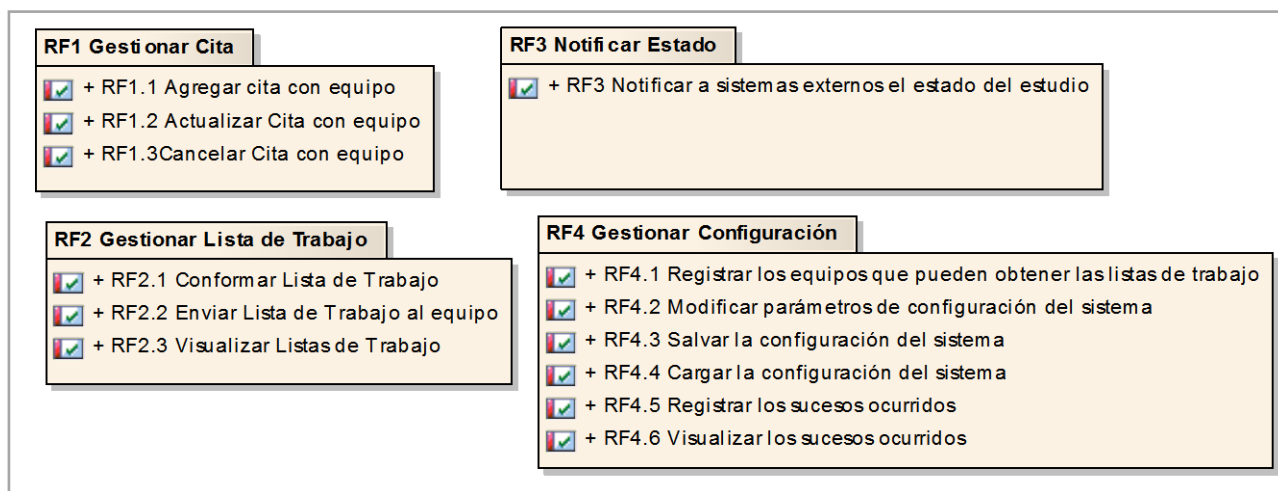


Figura Diagrama de requerimientos: Requerimientos funcionales

2.5.2. Requerimientos no funcionales

La siguiente tabla muestra los requerimientos no funcionales del software.

| Categoría | Requerimiento | Descripción |
|-----------|--------------------------------|--|
| Seguridad | Protección de la base de datos | El acceso a la base de datos será controlado rigurosamente desde la configuración del sistema. |

| | | |
|--|--|---|
| Rendimiento | Escalabilidad | El sistema debe conservar su eficiencia y respuesta rápida sin importar la cantidad de datos que gestione. |
| Rendimiento | Despliegue de varias capas lógicas en una misma capa física | El sistema debe ser capaz de funcionar desde una sola PC con todos los componentes del servidor montados en ella. |
| Restricciones de diseño | 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. |
| Restricciones de diseño | Uso de Microsoft Framework.Net 2.0 | El sistema se sustentará sobre el Microsoft Framework 2.0 ya que el lenguaje C# depende de este Framework y permite la migración a Mono 2.0 pudiéndose ejecutar tanto en Sistemas Operativos Linux como plataforma Windows. |
| Restricciones de diseño | PostgreSQL 8.3 como gestor de bases de datos | El sistema funcionará sobre el gestor de bases de datos PostgreSQL 8.3 ya que es un gestor potente, seguro y estable que pertenece a la comunidad de software libre. Además es el gestor de base de datos usados por los sistemas alasPACS y alasRIS. |
| Requerimiento de ayuda y documentación | Manual de usuario | El producto contará un manual de usuario para el correcto uso de sus funcionalidades. |
| Requerimiento de ayuda y documentación | Declaración de conformidad con DICOM 3.0 | Establecer un documento en donde se defina las políticas y protocolos de comunicación de estándar DICOM 3.0 entre los diferentes equipos y el sistema. |
| Interfaz | Comunicación a través de Web Services con alasPACSViewer y alasRIS | Establecer una interfaz de comunicación mediante Web Services entre el Worklist y el alasPACSViewer y alasRIS. |
| Interfaz | Comunicación DICOM con los equipos médicos | Implementar los servicios DICOM para la comunicación con los diferentes equipos de adquisición de imágenes. |

| | | |
|---|---|---|
| Requerimientos de licencias y patentes | 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. |
| Legalizaciones, Copyright, y otras especificaciones legales | Registro ante la Entidad Certificadora de Equipos Médicos | Este registro se encarga de certificar los tipos, marcas y modelos de equipos médicos compatibles con el servicio de listas de trabajo. |

Tabla Requerimientos no funcionales del software

En la siguiente figura se muestra un diagrama con los requisitos no funcionales del sistema agrupados por categorías.

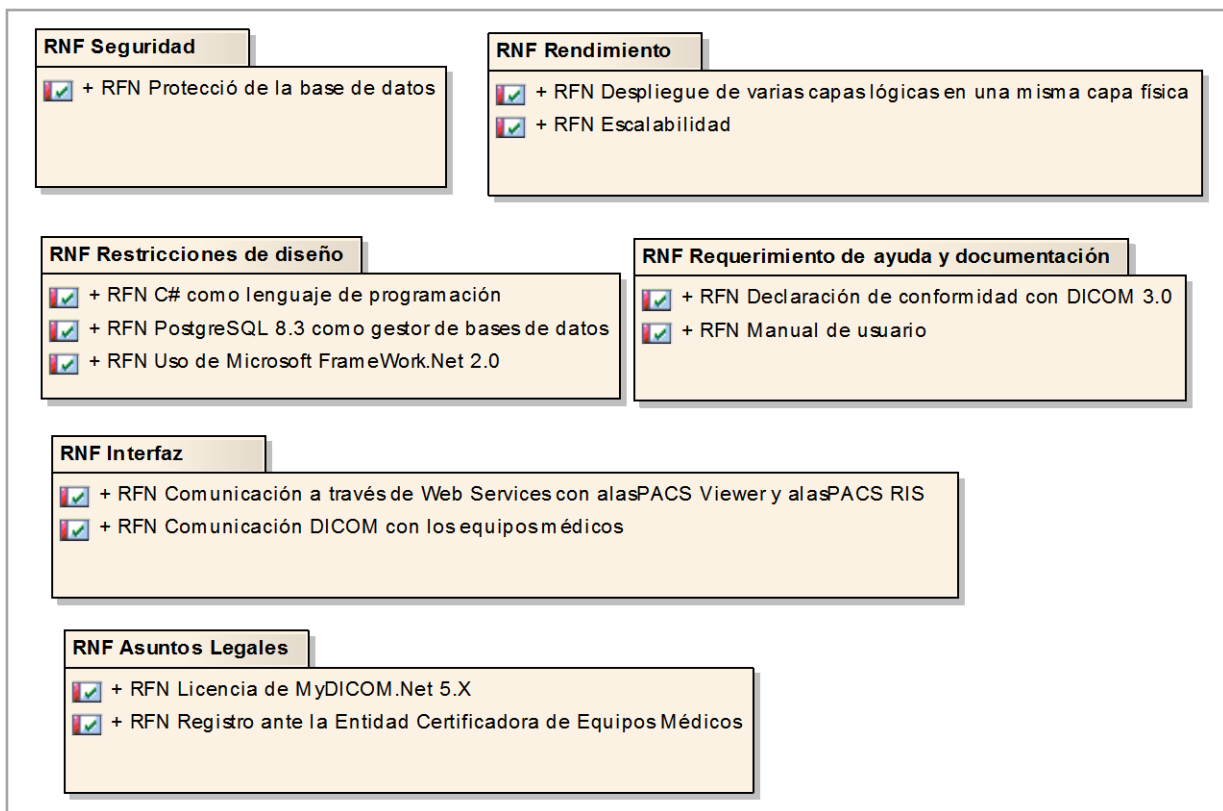


Figura Diagrama de requerimientos: Requerimientos no funcionales

2.6. Definición de los actores del sistema

Descrito el modelo de casos de uso del negocio y los requisitos funcionales y no funcionales del sistema, se da paso a la definición de los actores que interactuarán con el mismo. La tabla 6 muestra los actores del sistema.

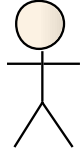
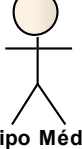
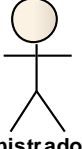
| Actor | Descripción |
|--|---|
|  <p>alasRIS</p> | <p>Sistema que gestiona las citas con equipos de adquisición y se mantiene actualizado mediante la recepción de notificaciones provenientes del Worklist.</p> |
|  <p>Equipo Médico</p> | <p>Equipo de adquisición de imágenes que le solicita al sistema las listas de trabajo, y notifica acerca del estado del estudio.</p> |
|  <p>Administrador del Sistema</p> | <p>Realiza la configuración de todas las partes del sistema, las cuales son específicas de cada centro.</p> |

Tabla Actores del sistema

2.6.1. Relación entre los actores del sistema

La figura 15 muestra las relaciones entre los actores del sistema.

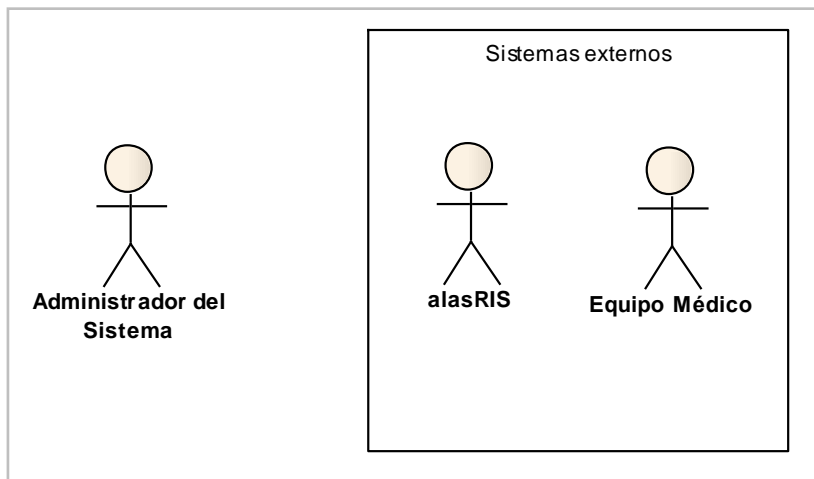


Figura Relaciones entre los actores del sistema

2.7. Diagrama de casos de uso del sistema

Las figuras 16 y 17 muestran las funcionalidades del sistema alasPACSWorklist a partir del diagrama de casos de uso del sistema.

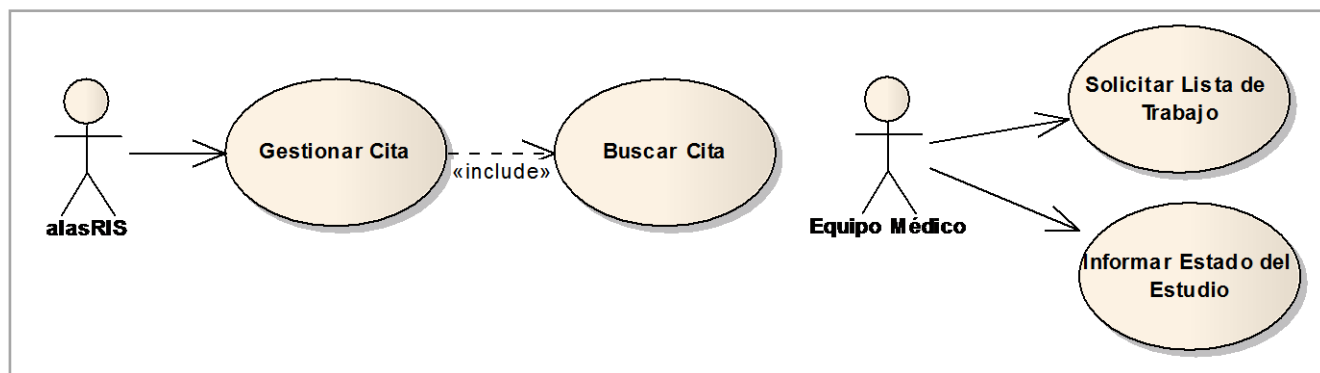


Figura Diagrama de Casos de Uso del Sistema (a)

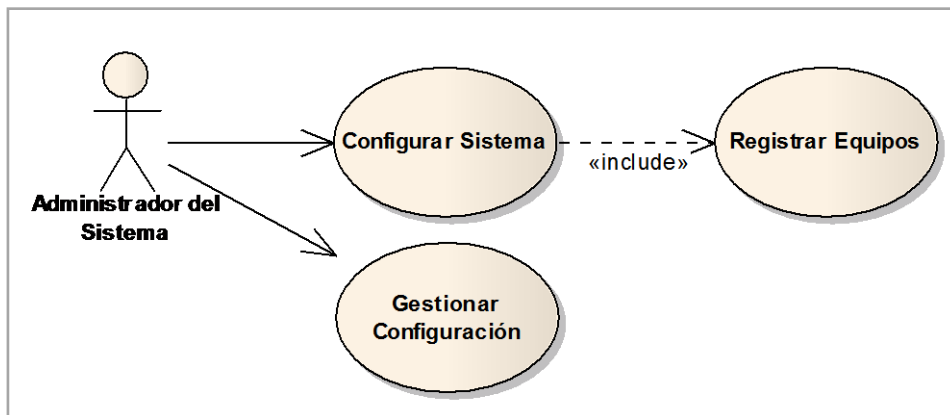


Figura Diagrama de Casos de Uso del Sistema (b)

2.8. Descripción de los Casos de Uso del Sistema

Las tablas que se muestran a continuación muestran un resumen de los casos de uso del sistema.

| | |
|--------------------|--|
| CU-1 | Gestionar Cita |
| Actor | alasRIS |
| Descripción | Permite al sistema alasRIS crear, actualizar o borrar una cita con un equipo de adquisición. Para ello se especifican los datos de la misma como son: nombres y apellidos del paciente, modalidad del estudio imagenológico, médico que refiere, fecha y hora de la cita, entre otros. |
| Referencia | RF 1.1, RF 1.2 y RF 1.3 |

Tabla Resumen del CU Gestionar Cita

| | |
|--------------------|--|
| CU-2 | Buscar Cita |
| Actor | - |
| Descripción | Brinda la funcionalidad de determinar la existencia o no una cita en el sistema. |
| Referencia | RF 1.1, RF 1.2 y RF 1.3 |

Tabla Resumen del CU Buscar Cita

| | |
|--------------------|--|
| CU-3 | Solicitar Lista de Trabajo |
| Actor | Equipo Médico |
| Descripción | Permite al equipo de adquisición enviar una consulta con determinados datos como pueden ser: rango de fechas del estudio, nombre o apellidos del paciente, modalidad del estudio, y recibir una lista de trabajo conforme a la petición realizada. |
| Referencia | RF 2.1 y RF 2.2 |

Tabla Resumen del CU Solicitar Lista de Trabajo

| | |
|--------------------|--|
| CU-4 | Informar Estado del Estudio |
| Actor | Equipo Médico |
| Descripción | Permite al equipo de adquisición enviar una notificación con el estado del estudio que se está realizando en ese momento, y notifica al sistema alasRIS. |
| Referencia | RF 3 |

Tabla Resumen del CU Informar Estado del Estudio

| | |
|--------------------|---|
| CU-5 | Registrar Equipos |
| Actor | Administrador del Sistema |
| Descripción | Permite al administrador del sistema agregar a la configuración del sistema los equipos médicos que tendrán acceso a las listas de trabajo. |
| Referencia | RF 4.1 |

Tabla Resumen del CU Registrar Equipos

| | |
|-------------|---------------------------|
| CU-6 | Configurar Sistema |
|-------------|---------------------------|

| | |
|--------------------|---|
| Actor | Administrador del Sistema |
| Descripción | Permite al administrador del sistema configurar parámetros sistema como son: AETitle, puerto de comunicaciones, direcciones IP de sistemas externos, y otros. También la visualización de los sucesos y una vista resumida de las listas de trabajo existentes. |
| Referencia | RF 4.2, RF 4.5 y RF 4.6 |

Tabla Resumen del CU Configurar Sistema

| | |
|--------------------|--|
| CU-7 | Gestionar Configuración |
| Actor | Administrador del Sistema |
| Descripción | Permite al administrador del sistema salvar o cargar configuraciones del sistema existentes. |
| Referencia | RF 4.3 y RF 4.4 |

Tabla Resumen del CU Gestionar Configuración

2.8.1. Casos de Uso Arquitectónicamente Significativos

A continuación se señalan los casos de uso significativos para la arquitectura.

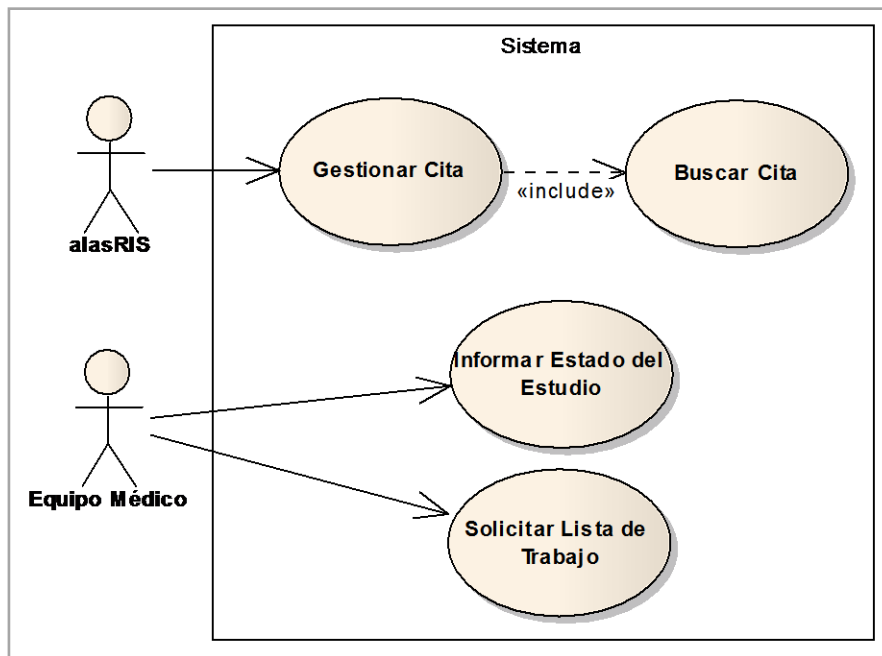


Figura Casos de Uso Arquitectónicamente Significativos

Los casos de uso Agregar Cita y Actualizar Cita fueron definidos como significativos para el primer ciclo de desarrollo puesto que estos son la base del funcionamiento de todo el sistema y son imprescindibles para las futuras fases de desarrollo del mismo.

Para el segundo ciclo de desarrollo se definieron como significativos los casos de uso Solicitar Lista de Trabajo e Informar Estado del Estudio. Estos últimos son los principales procesos del negocio a automatizar.

En el [Anexo I](#) del presente trabajo de diploma se encuentra la descripción textual detallada de los casos de uso arquitectónicamente significativos.

2.8.2. Descripción

El proceso que se plantea constituye una mejora evidente en los flujos de trabajo pues este, al lograr la integración entre dos sistemas claves de un departamento imagenológico, aumenta la eficiencia de los servicios prestados, contribuyendo a una mejor organización y funcionamiento.

Desde el mismo inicio de una visita al centro se notan los cambios en el flujo de trabajo:

- La secretaria no tiene que tener constancia de las hojas de cargo ni entregárselas al técnico con antelación a las citas.
- El técnico no necesita solicitarle los datos al paciente pues estos ya se encuentran en el equipo, así como tampoco tiene que entregarle la hoja de cargo al especialista.
- El especialista no tiene que buscar en el servidor de imágenes los estudios de los pacientes, puesto que el grado de integración entre el PACS y el RIS, propiciado por el Worklist, le permite conocer el estado del estudio desde el RIS.
- Se evitan problemas de inconsistencias de datos y de replicación innecesaria de los mismos.
- Se puede llevar un control más exhaustivo de los procesos del departamento.

En el capítulo se describió el negocio en el que se enmarca el sistema y los requisitos funcionales y no funcionales. Se identificaron y describieron los casos de uso del sistema, el modelado, la descripción y realización de los casos de uso arquitectónicamente significativos del sistema.

Capítulo 3. Análisis y diseño del sistema

En este capítulo se exponen brevemente algunas características del sistema. Se presentan los diagramas de clases del diseño que intervienen en la realización de los casos de uso significativos arquitectónicamente. También se modelan los diagramas de interacción (secuencia) de dichos casos de uso. Además se muestra una breve descripción de las clases controladoras, así como de las tablas involucradas en la Base de Datos, de la que se muestran los diagramas de entidad-relación.

3.1. Sistema

Los autores desarrollaron un sistema compuesto por un conjunto de componentes, los cuales se encuentran dinámicamente relacionados, donde cada uno cumple una función claramente definida, y entre todos contribuyen a un objetivo común, de forma tal que todas estas funciones ayuden al trabajo de estos componentes como un todo único; operando sobre datos, como información del paciente y del estudio; para proveer de información a otros sistemas. Cumpliendo así el objetivo de integrar los procesos de cita radiológica y realización de un estudio radiológico.

3.2. Análisis

Durante la fase de análisis se examinan, refinan y estructuran los requisitos, con el fin de conseguir una comprensión más precisa que ayude a estructurar el sistema como un todo, así como su arquitectura.

Este sistema, como todos, no está exento al desgaste, a la desintegración, al relajamiento de los estándares y al aumento de la aleatoriedad. Esto se conoce como entropía, la cual aumenta con el correr del tiempo. Se hace necesario que el sistema en cuestión se oponga, o mitigue estos efectos indeseados, para ello el sistema desarrollado mantendrá una modularidad, característica en los sistemas de gestión de información, y una arquitectura por capas, que contribuye al orden y a la constante actualización del mismo.

Los componentes mantienen un equilibrio dinámico entre ellos ya que se encuentran en constante retroalimentación unos con otros, en tendencia a la adaptación al entorno y con la finalidad de enfrentar cambios que contribuyan a la desorganización de la información. Por ello se hace necesario realizar un

eficiente tratamiento de los errores, para contrarrestar posibles fallos de comunicación o errores introducidos por el factor humano que interactúa con el sistema.

Los autores consideran que dada la moderada complejidad del sistema en cuestión se hace necesaria la elaboración de los diagramas de clases del análisis, para contribuir a un mejor entendimiento de la estructura del sistema. Estos diagramas se encuentran reflejados en el [Anexo II](#).

Como parte de esta etapa se desarrollan además los diagramas de interacción que muestran gráficamente como interactúan los objetos entre sí para dar cumplimiento a los requerimientos. Para ello se pueden presentar los diagramas de colaboración o los diagramas de secuencia.

Para detallar las interacciones se incluyen en este trabajo los diagramas de secuencia que muestran las interacciones en orden cronológico y pueden ser consultadas en el [Anexo III](#).

3.3. Diseño

En la etapa de diseño se adapta el modelo de análisis al ambiente de implementación, diseñando el sistema con un enfoque hacia el rendimiento, y enmarcándolo en el uso de tecnologías específicas.

El sistema diseñado se considera como un sistema abierto: puesto que presenta intercambio con el ambiente, a través de entradas y salidas, intercambiando datos con otros sistemas (Tabla 14).

| Entradas | | Salidas | |
|---|---|-----------------------------------|---|
| alasRIS | → Información de los pacientes y sus citas radiológicas | → Procesamiento de la información | → Listas de trabajo para las modalidades de estudios radiológicos |
| Equipos de adquisición de imágenes radiológicas | → Estado de los estudios realizados | → Procesamiento de la información | → Notificación de los estados de los estudios |
| | | | → Equipos de adquisición de imágenes radiológicas |
| | | | → alasRIS y alasPACS |

Tabla Flujo de datos de entrada y salida

Para facilitar el entendimiento de los procesos y de la estructura del sistema se encuentra reflejados los diagramas de clases del diseño en el [Anexo IV](#).

3.3.1. Descripción de las Clases

La descripción de las clases posibilita obtener detalles de las clases involucradas en la realización de los casos de uso arquitectónicamente significativos; estas descripciones se encuentran plasmadas en el [Anexo V](#).

Las descripciones de las clases entidades no se encuentran reflejadas en los anexos debido a que cada clase entidad da paso a la creación de una tabla en la Base de Datos, las cuales se describen en profundidad en el epígrafe 4.4.3.

3.3.2. Diseño de la Base de Datos

A partir de las clases del diseño y las realizaciones de casos de uso del diseño se procede a diseñar la base de datos que conformará la representación lógica y física de los datos persistentes del sistema.

En la figura 19 se muestran los elementos claves del modelo de datos, el cual se detalla en profundidad en el [Anexo VI](#).

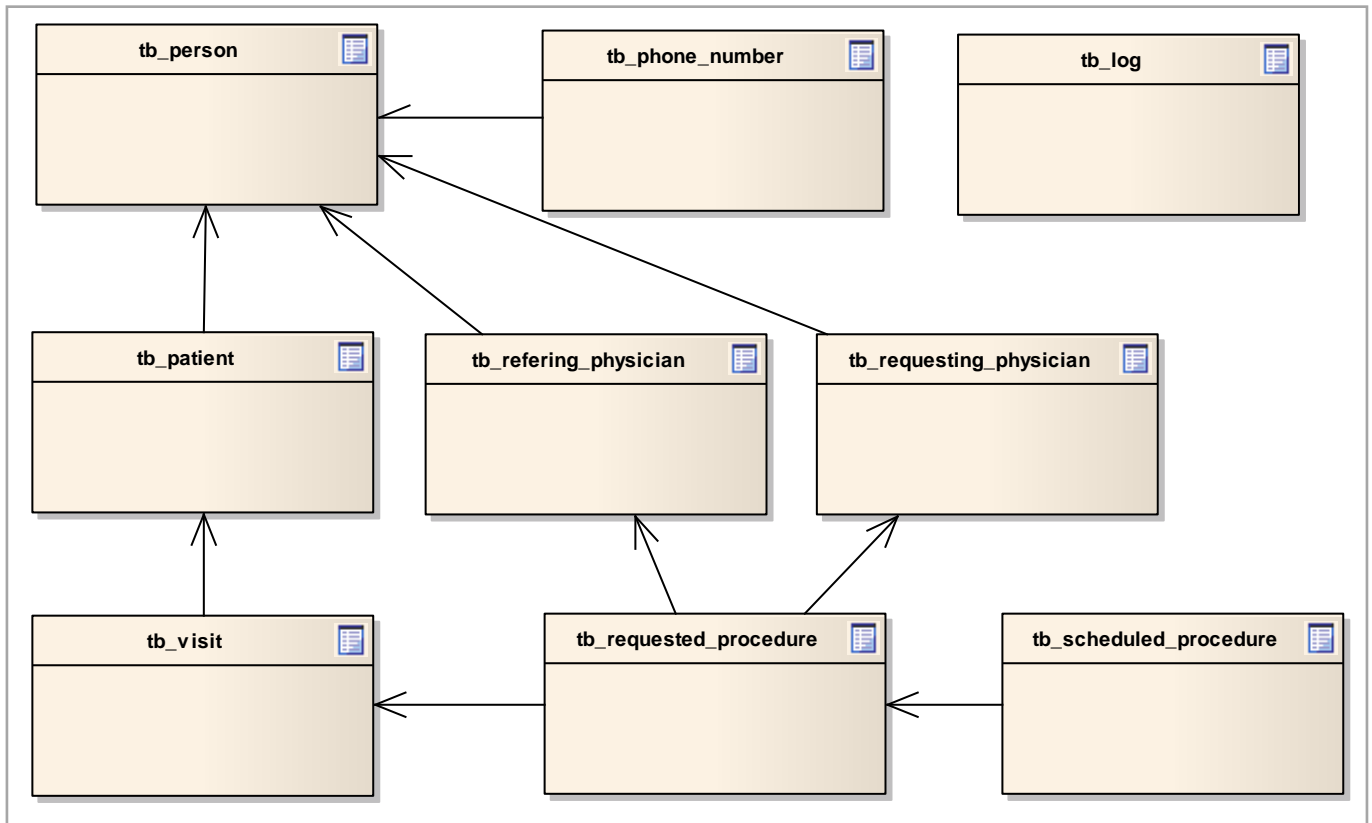


Figura Elementos fundamentales del modelo de datos

3.3.3. Descripción de las tablas de la Base de Datos

En esta sección se describen los atributos que tendrá cada tabla de la Base de Datos. Las mismas se encuentran en el [Anexo VII](#).

En el capítulo se presentaron los diagramas de clases del análisis y del diseño, además los diagramas de secuencia de los casos de uso arquitectónicamente significativos y se explicaron brevemente las clases empleadas y las tablas de la Base de Datos, así como se mostraron los diagramas entidad – relación de la misma.

Capítulo 4. Implementación

El flujo de trabajo de implementación 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. En el presente capítulo se presentan los diagramas de componentes y de despliegue que regirán la fase de elaboración del sistema. También se describirá la arquitectura que se empleará en la construcción del mismo.

4.1. Arquitectura

La programación por capas es un estilo de programación en el que el objetivo primordial es la separación de la lógica de negocios de la lógica de diseño; un ejemplo básico de esto consiste en separar la capa de datos de la capa de presentación al usuario. Permite distribuir el trabajo de creación de una aplicación por niveles; de este modo, cada grupo de trabajo está totalmente abstraído del resto de los niveles.

En el diseño de sistemas informáticos actual se suele usar las arquitecturas multinivel o programación por capas. En dichas arquitecturas a cada nivel se le confía una misión simple, lo que permite el diseño de arquitecturas escalables; que pueden ampliarse con facilidad en caso de que las necesidades aumenten. El diseño más utilizado actualmente es el diseño en tres niveles (o en tres capas).

- Capa de Presentación (contiene la interfaz de usuario y las interfaces para comunicarse con sistemas externos)
 - Se utiliza Microsoft Visual C# v2.0 para la programación de la interfaz de usuario así como el servicio.
 - ASP.Net XML WebServices se utiliza para exponer el Servicio Web de comunicación con sistemas externos.
- Capa de Negocio (contiene los servicios, la lógica del negocio y las clases persistentes)
 - Microsoft Visual C# v2.0 como lenguaje de programación para la modelación de las clases entidades del negocio y las clases de la lógica del negocio.
- Capa de Datos (contiene las clases y funcionalidades para guardar, actualizar y eliminar la información de las clases persistentes en la base de datos)

- Se utiliza el API Npgsql v1.0 para la abstracción de la Base de Datos de PostgreSQL v8.3.
- Como lenguaje de programación para la modelación de las clases entidades se utiliza Microsoft Visual C# v2.0.

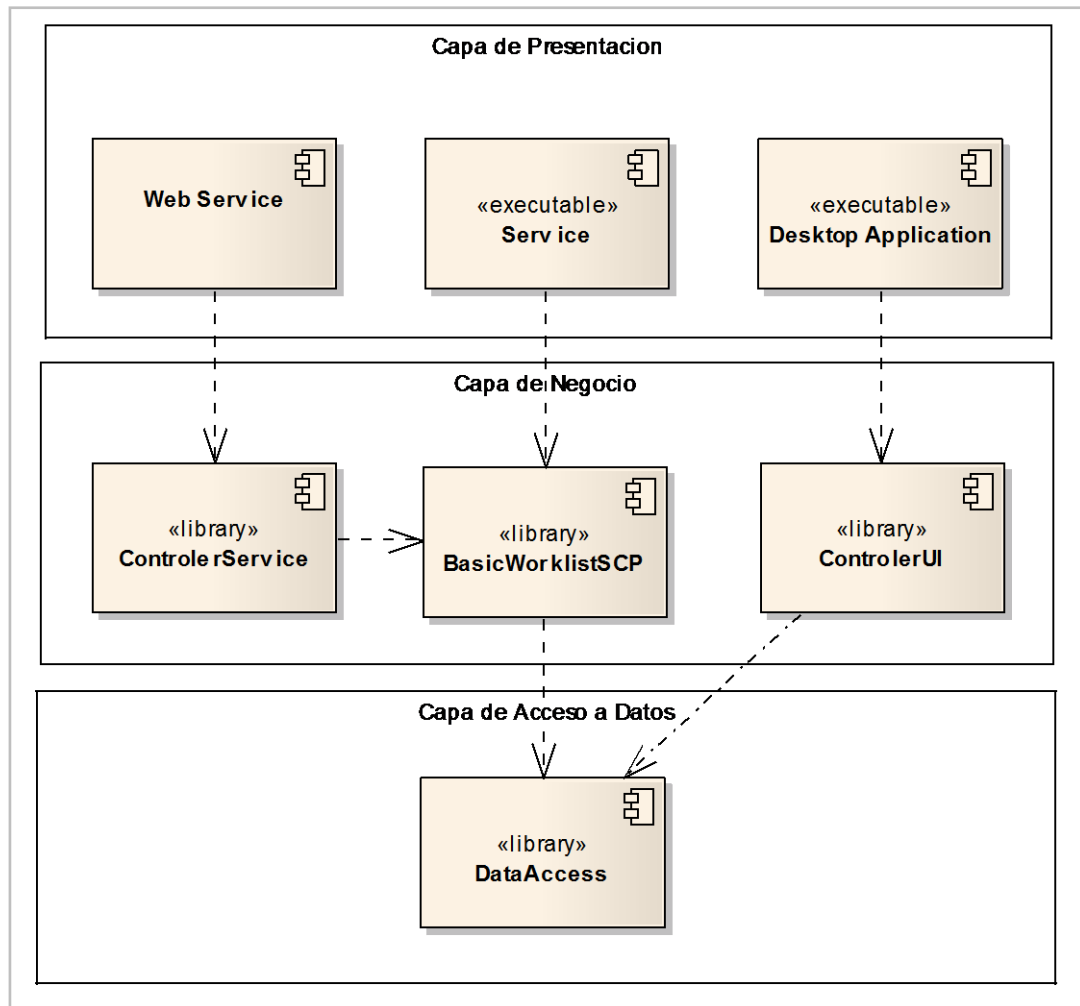


Figura Diagrama de la Arquitectura en tres capas

4.2. Diagrama de Componentes

Un diagrama de componentes muestra las organizaciones y dependencias lógicas entre componentes software, sean éstos componentes de código fuente, binarios o ejecutables. Desde el punto de vista del

diagrama de componentes se tienen en consideración los requisitos relacionados con la facilidad de desarrollo, la gestión del software, la reutilización, y las restricciones impuestas por los lenguajes de programación y las herramientas utilizadas en el desarrollo.

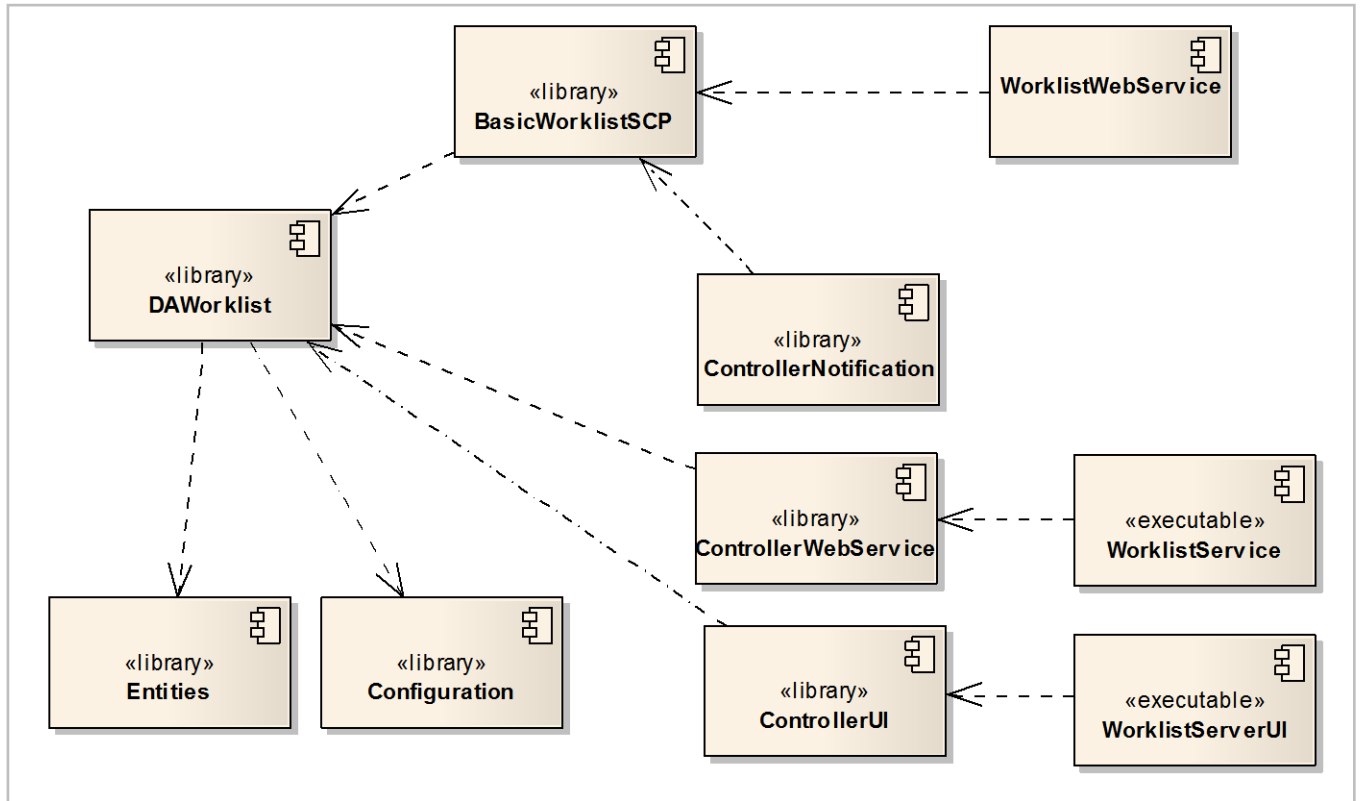


Figura Diagrama de Componentes del sistema

4.3. Modelo de Despliegue

El diagrama de despliegue muestra las relaciones físicas entre los componentes hardware y software en el sistema, es decir, la configuración de los elementos en tiempo de ejecución y los componentes software (procesos y objetos que se ejecutan en ellos).

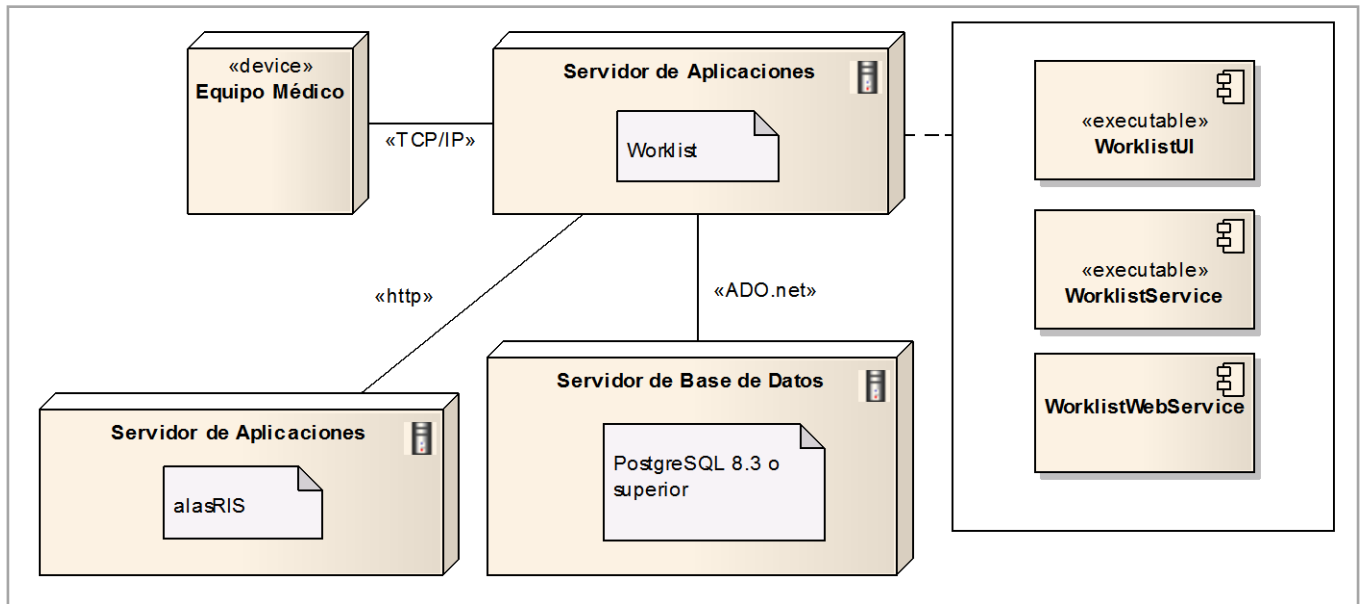


Figura Modelo de Despliegue

4.4. Compatibilidad con la plataforma libre

MoMA (acrónimo en inglés de Mono Migration Analyzer) es una herramienta analítica que ayuda al desarrollador de Linux en el proceso de migración de .NET a plataforma Mono ya que identifica los problemas que se pueden presentar al intentar migrar una aplicación. Ayuda a identificar las llamadas a métodos o funciones dependientes de la plataforma .Net que aún no son apoyadas por el proyecto Mono.

MoMA puede ayudar a mostrar los posibles problemas, pero hay muchos factores complejos que no pueden ser previstos por una simple herramienta, por lo que se procedió a desplegar el sistema en la distribución Debian GNU/Linux 4.0r3 del sistema operativo Linux, y se obtuvieron resultados satisfactorios.

La figura 23, muestra los resultados arrojados por MoMA al analizar el código fuente de alasPACSWorklist, los componentes desarrollados y las DLL externas empleadas.

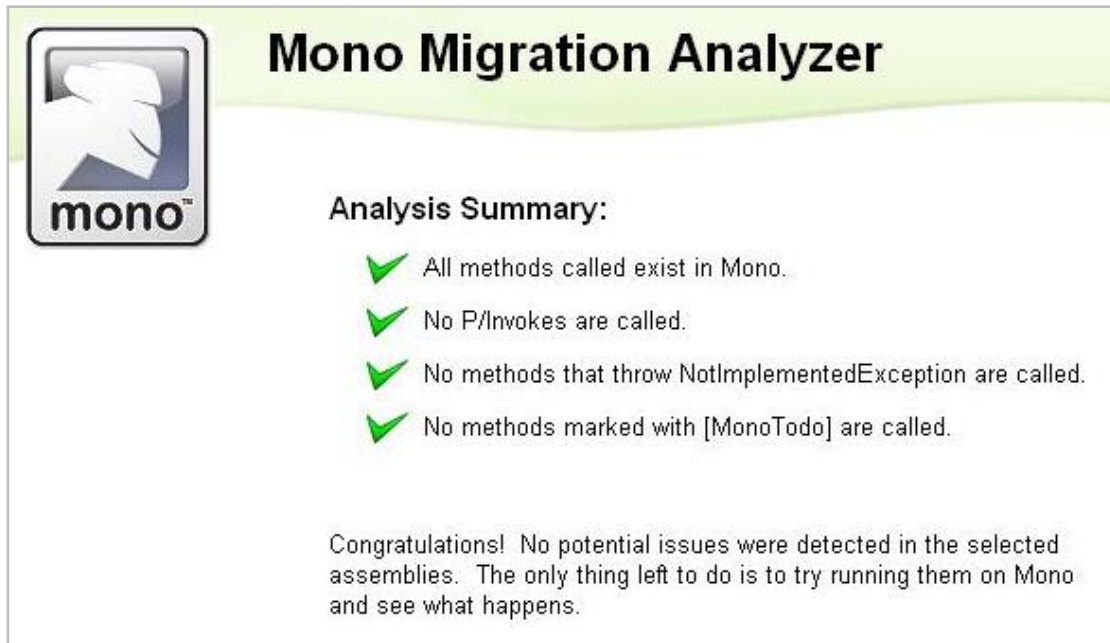


Figura Resultados arrojados por MoMA

En el presente capítulo se expusieron los elementos relacionados con la implementación y despliegue del sistema. Se dieron detalles de la arquitectura empleada y de las relaciones entre los componentes. Se mostró además la forma en que estos serán desplegados físicamente y la compatibilidad existente con la plataforma Mono.

Conclusiones

Con el desarrollo del presente trabajo se ha cumplido con los objetivos propuestos. Se culminó la implementación de un servidor de listas de trabajo que integra los procesos de cita radiológica y realización de un estudio radiológico; el sistema alasPACSWorklist, versión 1.0. Este es capaz de brindar servicios a un número ilimitado de nodos DICOM en una clínica o departamento radiológico y de mantener sincronizado el Sistema de Gestión Radiológica.

También se cumplieron las tareas planteadas:

Se realizó un análisis valorativo de los sistemas de gestión de listas de trabajo existentes en la actualidad y de la normativa internacional IHE para definir los requerimientos de integración que debe tener el sistema.

Se estableció la línea base de la arquitectura del sistema, al informatizar los procesos priorizados del negocio. Se diseñó la base de datos a utilizar en función de las necesidades de la solución y los cambios tecnológicos, cambios conceptuales o del software que puedan ocurrir.

Se corroboró la compatibilidad del sistema con la plataforma libre, garantizando que su despliegue sea en servidores instalados con la distribución Debian GNU/Linux 4.0r3 del sistema operativo Linux.

Como resultado del presente trabajo es importante destacar que el sistema se encuentra en fase de pilotaje y prueba en el centro de salud integral “Dr. Salvador Allende” en Caracas, Venezuela, y en el hospital CIMEQ en La Ciudad de la Habana; en los cuales se han realizado pruebas de compatibilidad con diferentes equipos médicos como la Tomografía Axial Computarizada y el Eco Cardiograma.

Recomendaciones

Como resultado de la experiencia adquirida durante el trabajo los autores proponen que:

Se continúe investigando sobre la base de mejores y más eficientes formas de comunicación entre los sistemas involucrados en un departamento radiológico.

La investigación a fondo de la documentación de la IHE y la factibilidad del uso de estándares de comunicación como HL7.

La creación de un “grupo de expertos” en el campo de la medicina y la informática que debatan temas necesarios para lograr la interoperabilidad entre los sistemas médicos que se desarrollan en Cuba, tales como un único vocabulario de términos que evite errores de comprensión entre sistemas médicos, la aprobación de compra de equipos médicos, el análisis de los estándares existentes en el mundo, la conformidad o no con estos y las tareas para su posible implementación en Cuba.

Referencias Bibliográficas

Fundación Científica del Sur, Centro de Diagnóstico. Estudios FCSUR. [En línea] Diciembre de 2007. http://www.fcsur.com.ar/estudios_rd.htm.

Health Level Seven, Spain. HL7 en el mundo. *Health Level Seven, Spain*. [En línea] 2007. <http://www.hl7spain.org/>.

Gutiérrez, MJ, y otros. Sistema PACS-CNR: Una propuesta tecnológica. *MEDIGRAPHIC: Literatura Biomedica*. [En línea] MEDIGRAPHIC, Junio de 2003. <http://www.medigraphic.com/espanol/e-htms/e-inge/e-ib2003/e-ib03-1/em-ib031j.htm>.

El Hospital. Conceptos claves en digitalización. *El Hospital*. [En línea] Febrero de 2007. http://www.elhospital.com/eh/secciones/EH/ES/MAIN/IN/ESTUDIOS_CASO/doc_53974_HTML.html?idDocumento=53974.

IHE. IHE España. [En línea] IHE, Febrero de 2008. <http://www.ihe-e.org/>.

Montes, Santiago y Correa, Santiago. *PACS, HL7 y DICOM 3.0*. s.l. : Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA) e Instituto de Ciencias de la Salud (CES), 2006.

NEMA. DICOM Standard. 2007, Vol. PS 3.1.

ACR-NEMA. *Éstandar DICOM*. National Electrical Manufacturers Association. 2004.

NEMA. *Sitio Oficial de NEMA*. [En línea] 2008. <http://www.nema.org>.

Wiley, George. The Prophet Motive: How PACS Was Developed and Sold. *IMAGING ECONOMICS*. [En línea] IMAGING ECONOMICS, Mayo de 2005. [Citado el:] http://www.imagingeconomics.com/issues/articles/2005-05_01.asp.

Cerritos, Antonio. *Sistema de Información Hospitalaria*. Mexico : Universidad Nacional Autónoma de México, 2004.

ACC/HIMSS/RSNA. *Manual de Usuario IHE-Radiología*. s.l. : ACC/HIMSS/RSNA, 2005.

ADS. The Ultimate in Radiology Information System (RIS) Software! *ADS - Medical Billing Software*. [En línea] ADS, Noviembre de 2008. <http://www.adsc.com/ris.asp>.

IMAGE Information Systems. iQ-WORKLIST. *IMAGE Information Systems Ltd*. [En línea] IMAGE Information Systems Ltd, Noviembre de 2008.

OptiMed Technologies. HIS, RIS and DICOM worklist. *OptiMed Technologies*. [En línea] OptiMed Technologies, Enero de 2007. <http://www.optimed.com/Products/hisinterface.htm>.

MediPlus Software. Fast Worklist. *Fast Worklist*. [En línea] MediPlus Software, 2007. <http://mediplussoftware.com/content/view/26/60/>.

PACSGEAR. PACSGEAR. *PACSGEAR*. [En línea] PACSGEAR, Septiembre de 2008. <http://www.pacsgear.com/pacsconnect.html>.

Swearingen Software. Swearingen Software. *Swearingen Software*. [En línea] Swearingen Software, Abril de 2008. http://www.swearingensoftware.com/risynergy_4_6.html.

Microsoft Corporation. Visual Studio 2005 Team System. *Microsoft*. [En línea] Microsoft, Noviembre de 2008. <http://www.microsoft.com/spanish/msdn/vs2005/editions/team/default.mspx>.

Tigris. Tigris.org. *Tigris.org*. [En línea] Tigris, Noviembre de 2008. <http://subversion.tigris.org/features.html>.

My DICOM. My DICOM. *My DICOM*. [En línea] My DICOM, Noviembre de 2008. <http://www.mydicom.net/>.

PostgreSQL. PostgreSQL. *PostgreSQL*. [En línea] PostgreSQL, Noviembre de 2008. <http://www.postgresql.org/>.

Innova, Grupo Soluciones. Rational Unified Process. *Grupo Soluciones Innova*. [En línea] Grupo Soluciones Innova, Julio de 2007. <http://www.rational.com.ar/herramientas/rup.html>.

Rumbaugh, James, Jacobson, Ivar y Booch, Grady. *El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia*. Madrid : Addison-Wesley, 2000.

Sparx Systems. Enterprise Architect. *Sparx Systems*. [En línea] Sparx Systems, Noviembre de 2008. <http://www.sparxsystems.com.au/products/ea/index.html>.

Jacobson, I., Booch, G. y Rumbaugh, J. *The Unified Software Development Process*. 1999.

Bibliografía

Abián, M. Á. 2002. *J2EE Y .NET: La rivalidad permanente.* 2002.

ACC/HIMSS/RSNA. 2005. *Manual de Usuario IHE-Radiología.* s.l. : ACC/HIMSS/RSNA, 2005.

ACR. *Sitio Oficial de ACR.* [En línea] <http://www.acr.org>.

ACR-NEMA. 2004. *Estándar DICOM. National Electrical Manufacturers Association.* 2004.

ADS. 2008. The Ultimate in Radiology Information System (RIS) Software! *ADS - Medical Billing Software.* [En línea] ADS, Noviembre de 2008. <http://www.adsc.com/ris.asp>.

Azpiroz, J.A.Martinez. 1998. *Instalación y operación de sistemas PACS (almacenamiento y comunicación de imágenes): características fundamentales.* MEX : Ing Biomed, 1998. Vol. XIX.

Ballesteros, Fernando. 2003. *Desarrollo de aplicaciones DICOM para la gestión.* 2003.

Bass, L., Clemens, P. y Kazman, R. 1998. *Software Architecture in Practice.* s.l. : Addison-Wesley, 1998.

Boggs, Wendy y Boogs, Michael. 2002. *UML with Rational Rose 2002.* s.l. : SYBEX, 2002.

Bonal, R., Gonzalez, H. R. y Medina, P. 2007. *Memoria Técnica. Cassandra PACS.* 2007.

Bruce, Robert. 2003. RIS/PACS integration -- what is it and what are its benefits? [En línea] Junio de 2003. <http://www.openmedtech.com/images/RIS.htm>.

Cerami, Ethan. 2002. *Web Services Essentials. Distributed Applications with XML-RPC, SOAP, UDDI & WSDL.* s.l. : O'Reilly, 2002. 0-596-00224-6.

Cerritos, Antonio. 2004. *Sistema de Información Hospitalaria.* Mexico : Universidad Nacional Autónoma de México, 2004.

Clements, Paul. 1996. *Coming attractions in Software Architecture.* 1996.

Clunie, David A. 2000. *DICOM Structured Reporting .* s.l. : PixelMed Publishing, 2000.

De Nardi, M., y otros. 2000. *Estrategias para el diseño sistemático de un PACS Institucional.* 2000.

DENNIS, ALAN L. 2003. *.NET Multithreading.* s.l. : Manning Publications Co., 2003.

Echarte, P. 2005. *Introducción a la plataforma .NET y Mono.* 2005.

- El Hospital. 2007.** Conceptos claves en digitalización. *El Hospital*. [En línea] Febrero de 2007. http://www.elhospital.com/eh/secciones/EH/ES/MAIN/IN/ESTUDIOS_CASO/doc_53974_HTML.html?idDocumento=53974.
- Fonseca, R. A. 2002.** *Programación de funciones en PL/pgSQL para PostgreSQL*. 2002.
- Fowler, M. 2002.** *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Boston : Addison-Wesley, 2002.
- Franco Navarro, J. A. 2005.** *UML en acción. Modelando Aplicaciones Web*. 2005.
- Fratt, Lisa. 2007.** Radiology's Best-kept Secret: RIS-driven PACS Workflow . *HealthImaging.com*. [En línea] Noviembre de 2007. <http://www.healthimaging.com/content/view/8534/160/>.
- Fundación Científica del Sur, Centro de Diagnóstico. 2007.** Estudios FCSUR. [En línea] Diciembre de 2007. http://www.fcsur.com.ar/estudios_rd.htm.
- Graffigna, J. P., Passadore, D. J. y Gamero, L. 2000.** *Sistemas de información y comunicación de imágenes médicas*. 2000.
- Gutiérrez, MJ, y otros. 2003.** Sistema PACS-CNR: Una propuesta tecnológica. *MEDIGRAPHIC: Literatura Biomedica*. [En línea] MEDIGRAPHIC, Junio de 2003. <http://www.medigraphic.com/espanol/e-htms/e-igne/e-ib2003/e-ib03-1/em-ib031j.htm>.
- Hansen, Gary W. y Hansen, James V. 1997.** *Diseño y Administración de Bases de Datos*. Madrid : Prentice Hall, 1997. 8483220024.
- Health Imaging. 2007.** HealthImaging&IT. Images, information & knowledge across the enterprise. *Health Imaging.com*. [En línea] Noviembre de 2007. <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/trimed/hiit1107/index.php>.
- Health Level Seven, Inc. Health Level 7.** [En línea] <http://www.hl7.org/>.
- Health Level Seven, Spain. 2007.** HL7 en el mundo. *Health Level Seven, Spain*. [En línea] 2007. <http://www.hl7spain.org/>.
- Huang, H. K. 2004.** *PACS and Imaging Informatics Basic Principles and Applications*. s.l. : John Wiley and Sons, Inc., 2004.
- IHE. 2008.** IHE España. [En línea] IHE, Febrero de 2008. <http://www.ihe-e.org/>.
- IMAGE Information Systems. 2008.** iQ-WORKLIST. *IMAGE Information Systems Ltd*. [En línea] IMAGE Information Systems Ltd, Noviembre de 2008.
- Innova, Grupo Soluciones. 2007.** Rational Unified Process. *Grupo Soluciones Innova*. [En línea] Grupo Soluciones Innova, Julio de 2007. <http://www.rational.com.ar/herramientas/rup.html>.

- Jacobson, I., Booch, G. y Rumbaugh, J. 1999.** *The Unified Software Development Process*. 1999.
- Larman, C. 2004.** *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development*. s.l. : Addison Wesley Professional, 2004. 0-13-148906-2.
- **2002.** *UML y Patrones*. Segunda Edición. s.l. : Addison Wesley Professional, 2002.
- **1999.** *UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos*. 1999.
- Liberty, Jesse. 2005.** *Visual C# 2005: A Developer's Notebook*. s.l. : O'Reilly, 2005.
- MediPlus Software. 2007.** Fast Worklist. *Fast Worklist*. [En línea] MediPlus Software, 2007. <http://mediplussoftware.com/content/view/26/60/>.
- Microsoft Corporation. 2008.** MSDN. [En línea] 2008. <http://msdn.microsoft.com/es-ar/default.aspx>.
- **2008.** Introducción a Visual SourceSafe. MSDN. [En línea] 2008. [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/3h0544kx\(VS.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/3h0544kx(VS.80).aspx).
- **2008.** Introducción a Visual Studio. MSDN. [En línea] 2008. [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/fx6bk1f4\(VS.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/fx6bk1f4(VS.80).aspx).
- **2007.** *Radiología*. [Microsoft® Student 2008] 2007.
- **2008.** Visual Studio 2005 Team System. *Microsoft*. [En línea] Microsoft, Noviembre de 2008. <http://www.microsoft.com/spanish/msdn/vs2005/editions/team/default.msp>.
- Montes, Santiago y Correa, Santiago. 2006.** *PACS, HL7 y DICOM 3.0*. s.l. : Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA) e Instituto de Ciencias de la Salud (CES), 2006.
- My DICOM. 2008.** My DICOM. *My DICOM*. [En línea] My DICOM, Noviembre de 2008. <http://www.mydicom.net/>.
- NEMA. 2008.** *Sitio Oficial de NEMA*. [En línea] 2008. <http://www.nema.org>.
- **2007.** DICOM Standard. 2007, Vol. PS 3.1.
- **2008.** *DICOM Standard*. 2008. Vol. 1. Introduction and Overview.
- OptiMed Technologies. 2007.** HIS, RIS and DICOM worklist. *OptiMed Technologies*. [En línea] OptiMed Technologies, Enero de 2007. <http://www.optimed.com/Products/hisinterface.htm>.
- PACSGEAR. 2008.** PACSGEAR. *PACSGEAR*. [En línea] PACSGEAR, Septiembre de 2008. <http://www.pacsgear.com/pacsconnect.html>.

Pérez, J. L., y otros. 2007. *Sistemas de Comunicación y Gestión de Imágenes Médicas. PACS y Estándar DICOM.* 2007.

Philips Medical Systems. iSite PACS. [En línea] <http://www.isitepacs.medical.philips.com/pacs/>.

—. Página oficial de Philips en España. [En línea] <http://www.philips.es>.

PostgreSQL. 2008. PostgreSQL. *PostgreSQL.* [En línea] PostgreSQL, Noviembre de 2008. <http://www.postgresql.org/>.

Pressman, Roger S. 2002. *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico.* 5ta edición. s.l. : McGraw-Hill, 2002.

Rodríguez, Aneiro y Orlando, Lazaro. 2001. *Elementos de arquitectura y seguridad informática.* s.l. : Editorial Pueblo y Educación, 2001. 959-13-0819-1.

Ronda, D., Ferrer, O. y Alvarez, N. A. 2001. *IMAGIS: Sistema para la transmisión de imágenes médicas multimodales.* Habana : s.n., 2001.

Rumbaugh, James, Jacobson, Ivar y Booch, Grady. 2000. *El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia.* Madrid : Addison-Wesley, 2000.

Sparx Systems. 2008. Enterprise Architect. *Sparx Systems.* [En línea] Sparx Systems, Noviembre de 2008. <http://www.sparxsystems.com.au/products/ea/index.html>.

Stusser Beltranenal, Rodolfo J. y Rodriguez Diaz, Alfredo. 2006. La informatización de la atención primaria de salud. *Revista Cubana de Medicina General Integral.* Octubre - Diciembre de 2006.

Swearingen Software. 2008. Swearingen Software. *Swearingen Software.* [En línea] Swearingen Software, Abril de 2008. http://www.swearingensoftware.com/risynergy_4_6.html.

Tamayo Peña, Karel Eddy y García Ramos, Jublar. 2007. *Trabajo de Diploma. Cassandra Clinic.* Ciudad de la Habana : s.n., 2007.

Tigris. 2008. Tigris.org. *Tigris.org.* [En línea] Tigris, Noviembre de 2008. <http://subversion.tigris.org/features.html>.

Torres, L. M. 2000. *Radiología Digital, PACS, Telerradiología y estrategias en radiología.* Barcelona : s.n., 2000.

University of Utah. Health Sciences Center. 2001. University Health Care. *La radiología.* [En línea] 2001. <http://healthcare.utah.edu/healthinfo/spanish/radiology/>.

Vázquez, J. M., y otros. 2004. *The impact of design on the implementation of medical imaging information systems.* 2004.

Vegas, J. 2006. *Desarrollo de aplicaciones Web.* 2006.

Wiley, George. 2005. The Prophet Motive: How PACS Was Developed and Sold. *IMAGING ECONOMICS*. [En línea] IMAGING ECONOMICS, Mayo de 2005. [Citado el:]
http://www.imagingeconomics.com/issues/articles/2005-05_01.asp.

Wong, A. y Huang, H. K. 1997. *Integrated DICOM Based Image Archive System for PACS, Radiology.* 1997.

Anexos

Anexo I. Descripción ampliada de los Casos de Uso del Sistema

I.1- Caso de Uso del Sistema: Gestionar Cita

| | | |
|---|--|--|
| Caso de Uso | Gestionar Cita | |
| Actores | alasRIS | |
| Resumen | Permite al sistema alasRIS crear, actualizar o borrar una cita con un equipo de adquisición. Para ello se especifican los datos de la misma como son: nombres y apellidos del paciente, modalidad del estudio imagenológico, médico que refiere, fecha y hora de la cita, entre otros. Luego se determina la existencia o no de la cita en dependencia de la petición. | |
| Referencia | RF 1.1, RF 1.2 y RF 1.3 | |
| CU asociados | Buscar Cita | |
| Sección “Agregar Cita” | | |
| Precondiciones | La cita no se encuentra en el sistema | |
| Flujo Normal de Eventos | | |
| Acción del Actor | Respuesta del Sistema | |
| 1. El sistema alasRIS solicita agregar una nueva cita a la lista de trabajo | 1.1 Si la cita <i>no existe</i> se crea una cita y se retorna una notificación de cumplimiento al sistema alasRIS | |
| Flujos Alternos | | |
| Acción del Actor | Respuesta del Sistema | |
| | <i>Si existe en 1.1:</i> 1.2 Se retorna una notificación de proceso fallido al sistema alasRIS. | |
| Pos condiciones | La cita se encuentra creada en el sistema | |
| Sección “Actualizar Cita” | | |
| Precondiciones | La cita se encuentra en el sistema | |
| Flujo Normal de Eventos | | |
| Acción del Actor | Respuesta del Sistema | |

| | |
|--|---|
| 1. El sistema alasRIS solicita actualizar una cita existente a la lista de trabajo | 1.1 Si la cita <i>existe</i> se modifica y se retorna una notificación de cumplimiento al sistema alasRIS |
| Flujos Alternos | |
| Acción del Actor | Respuesta del Sistema |
| | <i>Si no existe en 1.1:</i> 1.2 Se retorna una notificación de proceso fallido al sistema alasRIS. |
| Pos condiciones | La cita se modifica en el sistema |
| Sección “Eliminar Cita” | |
| Precondiciones | La cita se encuentra en el sistema |
| Flujo Normal de Eventos | |
| Acción del Actor | Respuesta del Sistema |
| 1. El sistema alasRIS solicita eliminar una cita existente a la lista de trabajo | 1.1 Si la cita <i>existe</i> se elimina y se retorna una notificación de cumplimiento al sistema alasRIS |
| Flujos Alternos | |
| Acción del Actor | Respuesta del Sistema |
| | <i>Si no existe en 1.1:</i> 1.2 Se retorna una notificación de proceso fallido al sistema alasRIS. |
| Pos condiciones | La cita se elimina del sistema |
| Prioridad | Crítico |
| Clasificación arquitectónica | Caso de uso significativo |

1.2- Caso de Uso del Sistema: Buscar Cita

| | |
|---------------------|--|
| Caso de Uso | Buscar Cita |
| Actores | - |
| Resumen | Brinda la funcionalidad de determinar la existencia o no una cita en el sistema. |
| Referencia | RF 1.1, RF 1.2 y RF 1.3 |
| CU asociados | Gestionar Cita |

| | | |
|--|---------------------------|--|
| Precondiciones | Ninguna | |
| Flujo Normal de Eventos | | |
| Acción del Actor | | Respuesta del Sistema |
| 1. El sistema alasRIS solicita agregar, actualizar o eliminar una cita existente a la lista de trabajo | | 1.1 El sistema comprueba y notifica la existencia o no de la cita. |
| Pos condiciones | Ninguna | |
| Prioridad | Crítico | |
| Clasificación arquitectónica | Caso de uso significativo | |

1.3 - Caso de Uso del Sistema: Solicitar Lista de Trabajo

| | | |
|--|--|--|
| Caso de Uso | Solicitar Lista de Trabajo | |
| Actores | Equipo Médico | |
| Resumen | Permite al equipo de adquisición enviar una consulta con determinados datos como pueden ser: rango de fechas del estudio, nombre o apellidos del paciente, modalidad del estudio, y recibir una lista de trabajo conforme a la petición realizada. | |
| Referencia | RF 2.1 y RF 2.2 | |
| Precondiciones | Existe comunicación entre el sistema y el equipo médico | |
| Flujo Normal de Eventos | | |
| Acción del Actor | | Respuesta del Sistema |
| 1. El equipo médico solicita una lista de trabajo conforme a algunos campos definidos. | | 1.1 El sistema conforma la lista de acuerdo a la petición y se la envía al equipo. |
| Pos condiciones | El equipo posee la información solicitada. | |
| Prioridad | Crítico | |
| Clasificación arquitectónica | Caso de uso significativo | |

1.4 - Caso de Uso del Sistema: Informar Estado del Estudio

| | | |
|--------------------|-----------------------------|--|
| Caso de Uso | Informar Estado del Estudio | |
| Actores | Equipo Médico | |

| Resumen | Permite al equipo de adquisición enviar una notificación con el estado del estudio que se está realizando en ese momento, y notifica al sistema alasRIS. | |
|---|--|--|
| Referencia | RF 3 | |
| Precondiciones | Se comienza a realizar el estudio, o el mismo se cancela o se termina. | |
| Flujo Normal de Eventos | | |
| Acción del Actor | Respuesta del Sistema | |
| 1. El equipo médico envía una notificación de estado al sistema | 1.1 El sistema actualiza el estado del estudio de la cita especificada. | |
| Pos condiciones | El sistema posee el estado del estudio actualizado. | |
| Prioridad | Crítico | |
| Clasificación arquitectónica | Caso de uso significativo | |

Anexo II. Diagramas de Clases del Análisis

II.1- Realización del caso de uso: *Buscar Cita*

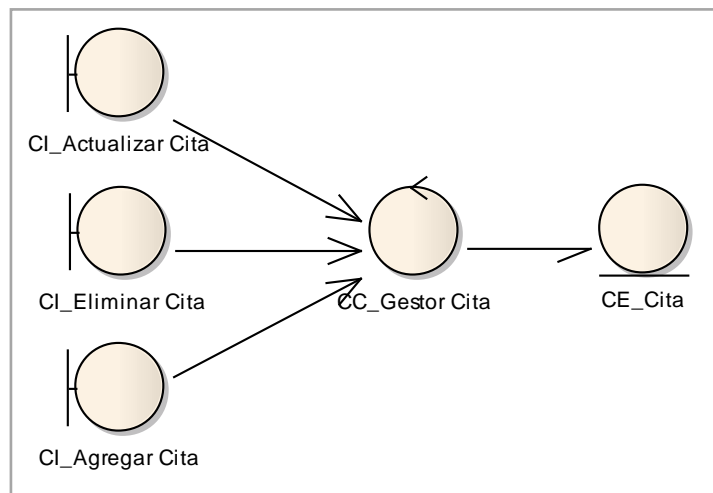


Figura Diagrama de clases del análisis: CU Buscar Cita

II.2- Realización del caso de uso: Solicitar Lista de Trabajo

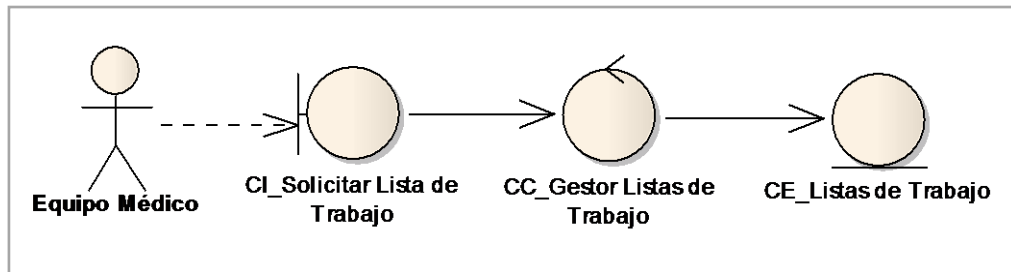


Figura Diagrama de clases del análisis: CU Solicitar Lista de Trabajo

II.3- Realización del caso de uso: Informar Estado del Estudio

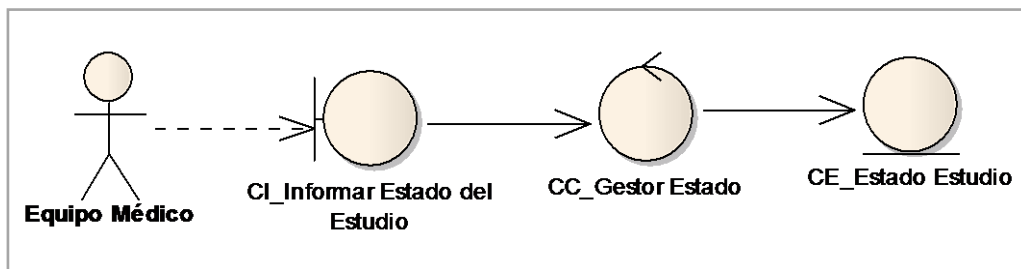


Figura Diagrama de clases del análisis: CU Informar Estado del Estudio

II.4- Realización del caso de uso: Actualizar Cita

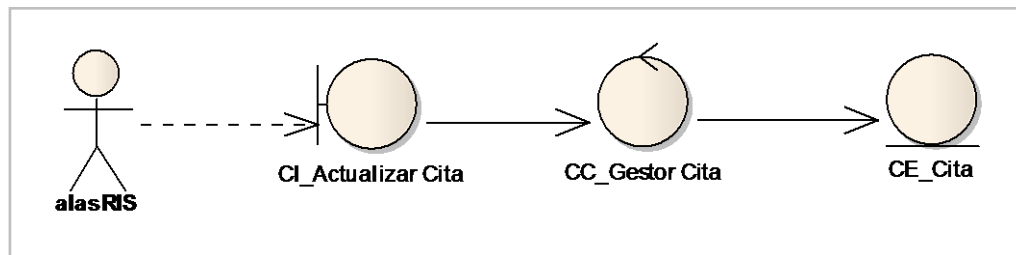


Figura Diagrama de clases del análisis: CU Actualizar Cita

II.5- Realización del caso de uso: Agregar Cita

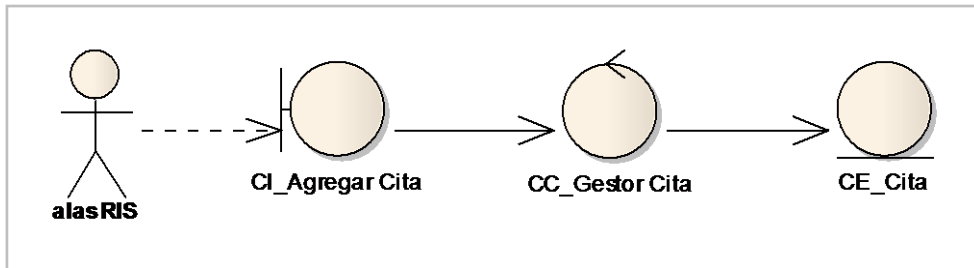


Figura Diagrama de clases del análisis: CU Agregar Cita

II.6- Realización del caso de uso: Eliminar Cita

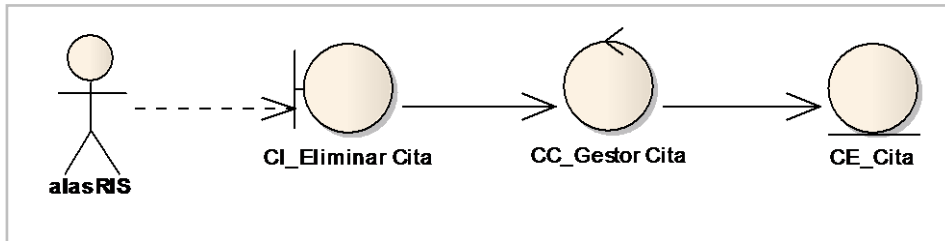


Figura Diagrama de clases del análisis: CU Eliminar Cita

Anexo III. Diagramas de secuencia

III.1- Realización del caso de uso: Solicitar Lista de Trabajo

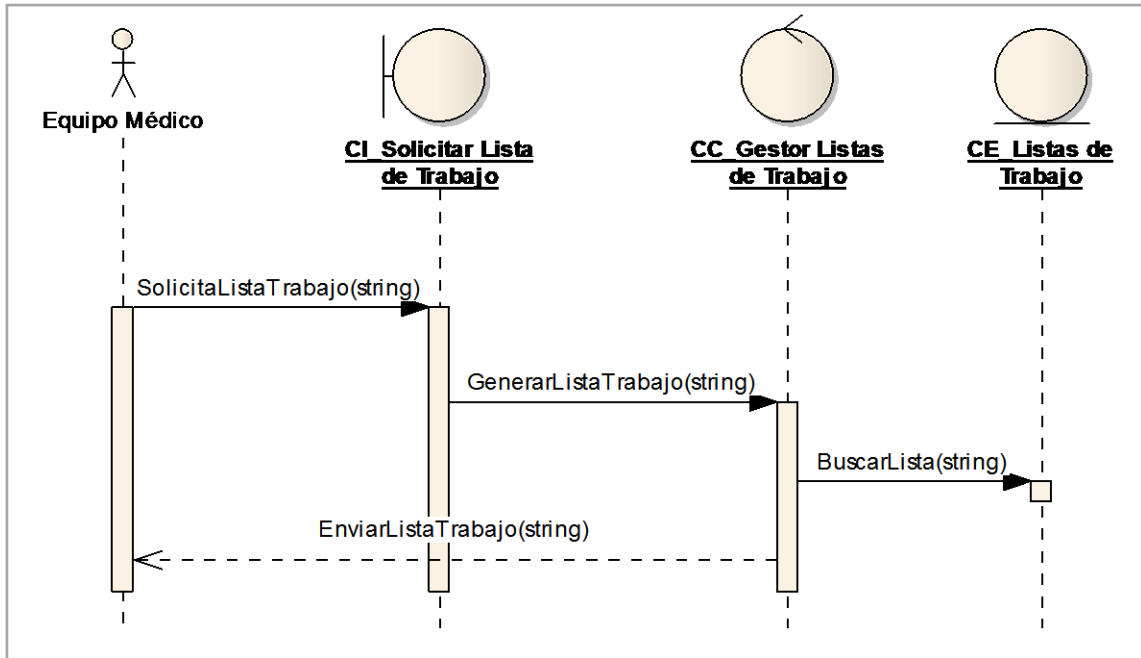


Figura Diagrama de secuencia: CU Solicitar Lista de Trabajo

III.2- Realización del caso de uso: Informar Estado del Estudio

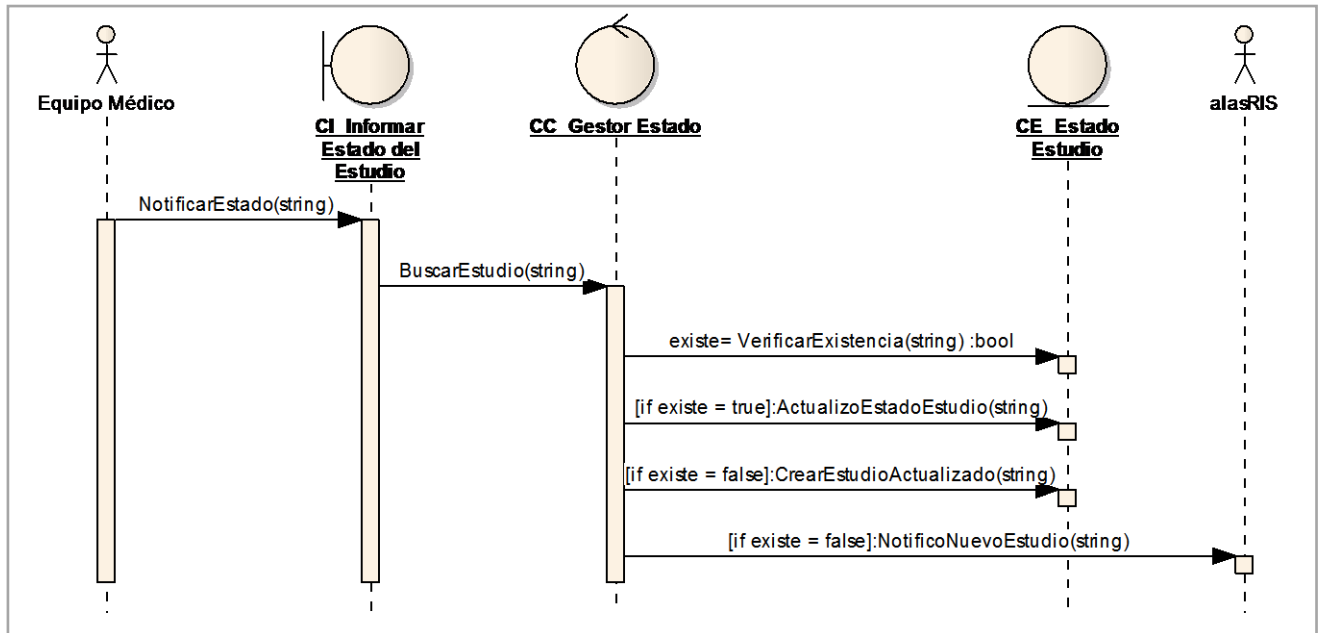


Figura Diagrama de secuencia: CU Informar Estado del Estudio

III.3- Realización del caso de uso: Actualizar Cita

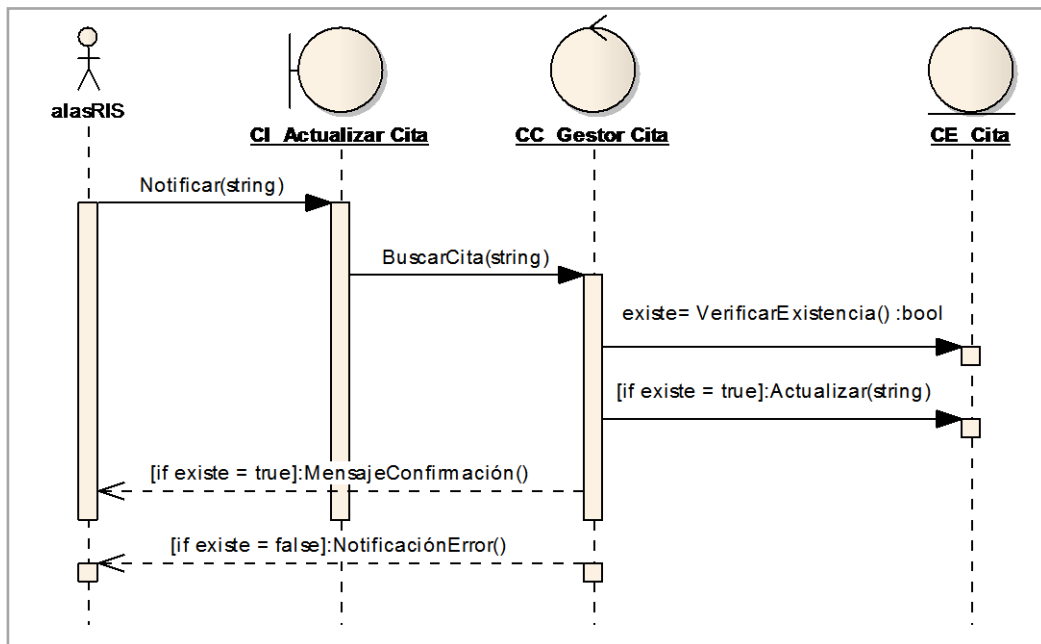


Figura Diagrama de secuencia: CU Actualizar Cita

III.4- Realización del caso de uso: Agregar Cita

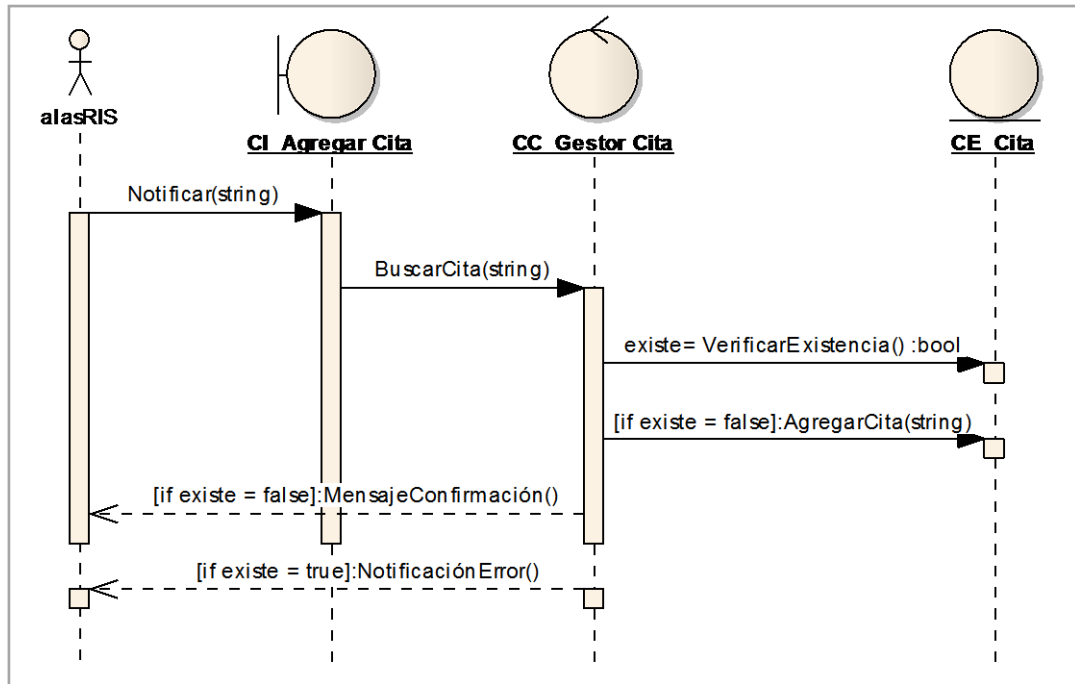


Figura Diagrama de secuencia: CU Agregar Cita

III.5- Realización del caso de uso: *Eliminar Cita*

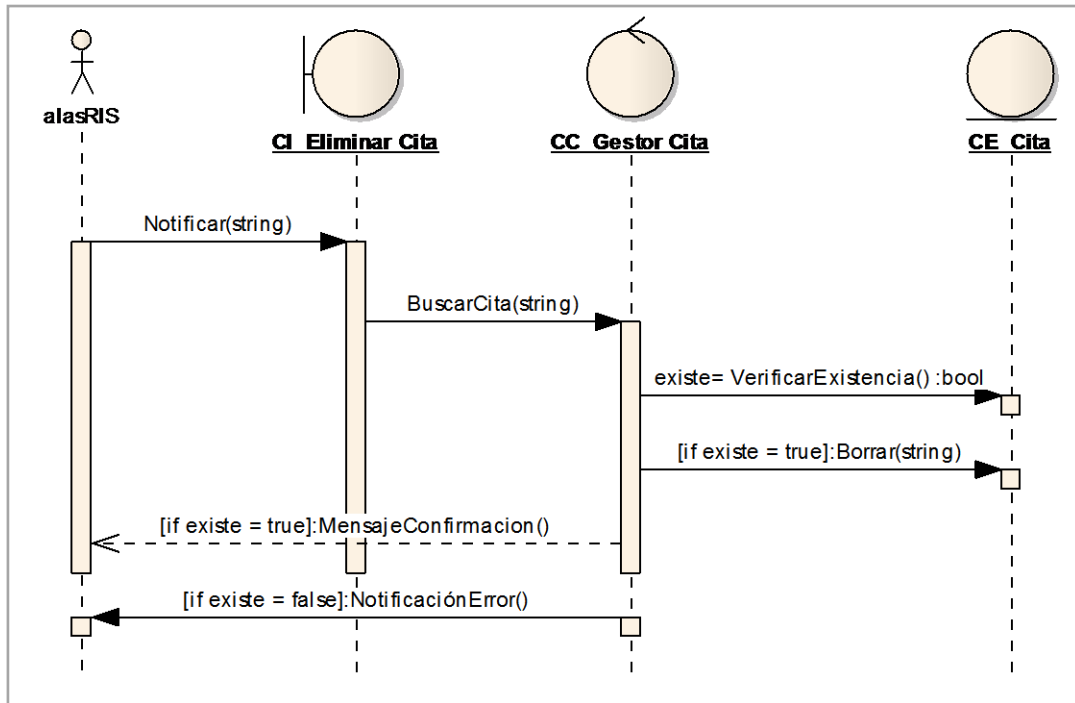


Figura Diagrama de secuencia: CU Eliminar Cita

Anexo IV. Diagrama de clases del diseño

IV.1- Clases Entidades

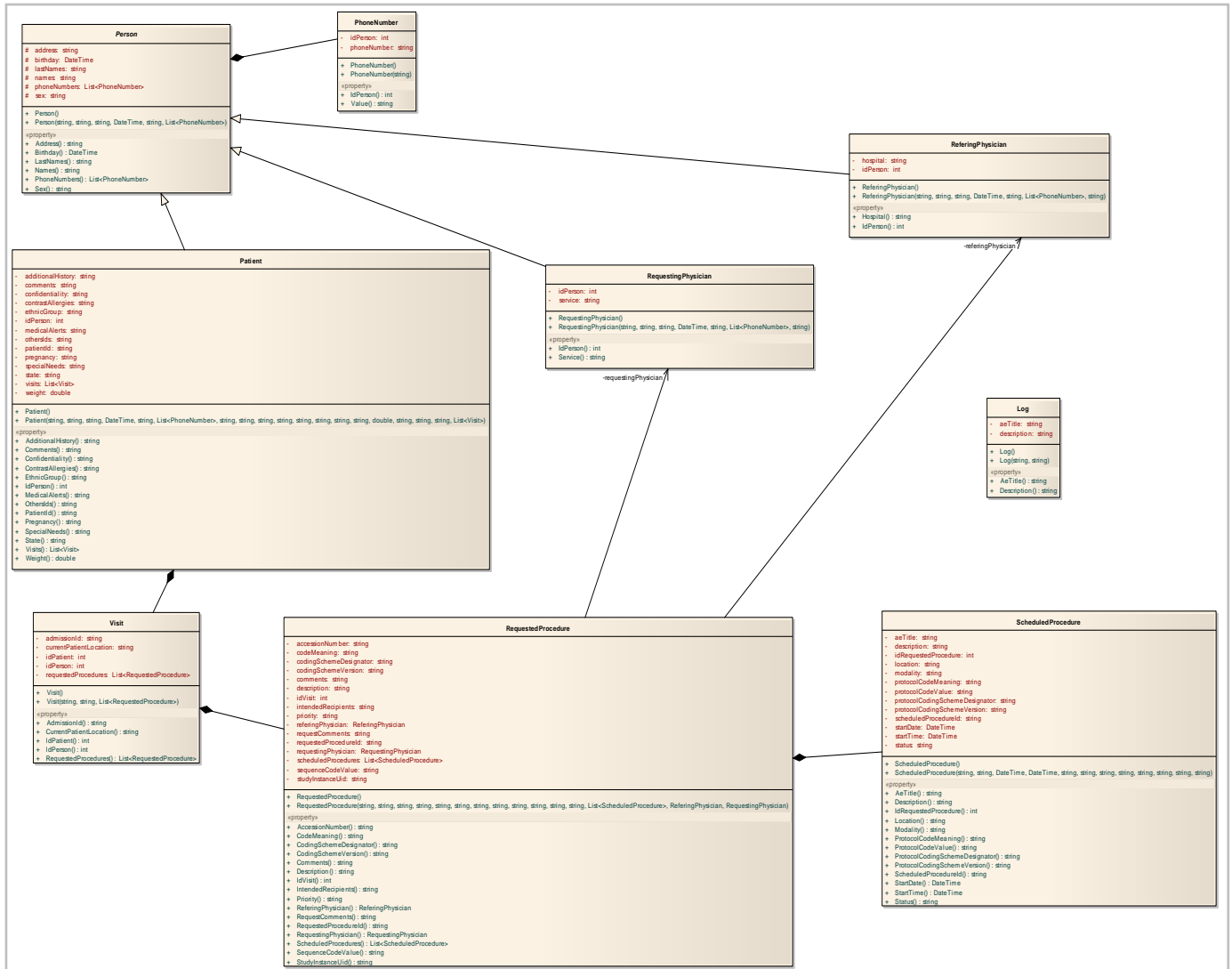


Figura Diagrama de clases del diseño: Clases Entidades

IV.2- Clases Controladoras

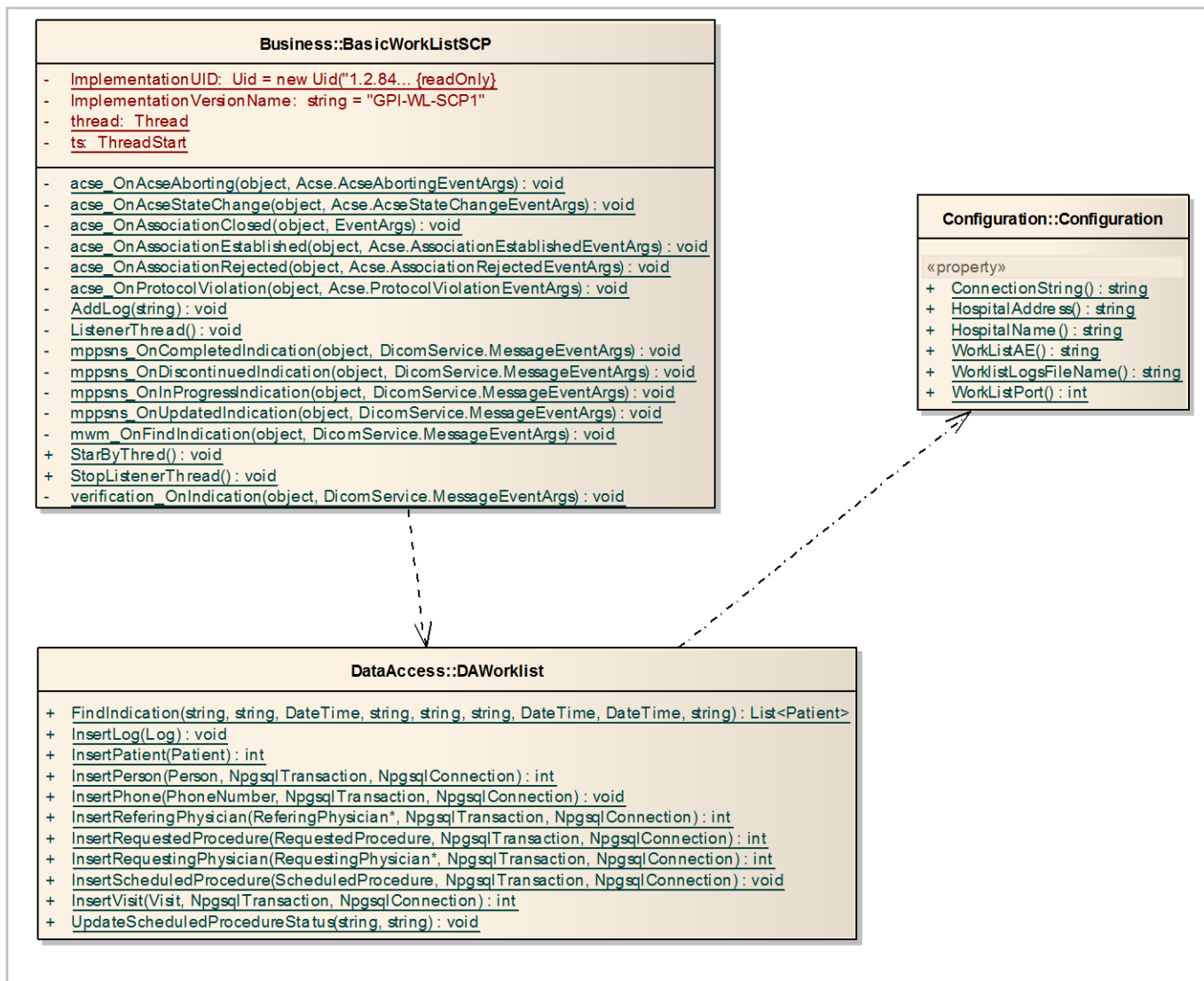


Figura Diagrama de clases del diseño: Clases Controladoras

Anexo V. Descripción de clases del diseño

| | |
|------------------------------------|--|
| Nombre: BasicWorkListSCP | |
| Tipo de clase: Controladora | |
| Atributo | Tipo |
| ImplementationUID | MyDicom.UID |
| Atributo | Tipo |
| ImplementationVersionName | string |
| Atributo | Tipo |
| thread | System.Threading.Thread |
| Atributo | Tipo |
| ts | System.Threading.ThreadStart |
| Responsabilidades | |
| Nombre: | ListenerThread |
| Descripción: | Operación o método de tipo <i>void</i> que se encarga de recibir las peticiones a través de un puerto, especificado en la configuración, y cumpliendo con el protocolo TCP/IP. |
| Nombre: | StarByThred |
| Descripción: | Se de ejecutar la operación <i>ListenerThread</i> en un hilo de proceso independiente para no afectar con el flujo normal de la aplicación. |
| Nombre: | StopListenerThread |
| Descripción: | Detiene el hilo de proceso paralelo que se encontraba ejecutando la operación <i>ListenerThread</i> . |
| Nombre: | AddLog (string) |
| Descripción: | Se encarga de almacenar en un fichero, especificado en la configuración, los eventos del sistema. |
| Nombre: | verification_OnIndication (object, MyDicom.Net.DicomService.MessageEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.Verification.VerificationService</i> que se |

| | |
|--------------|--|
| | encarga de responderle a los clientes del correcto funcionamiento del servidor. |
| Nombre: | acse_OnAssociationEstablished (object, MyDicom.Net.Acse.AssociationEstablishedEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.AcceptorACSE</i> que se encarga de establecer la comunicación entre los clientes y el servidor. |
| Nombre: | acse_OnAcseStateChange (object, MyDicom.Net.Acse.AcseStateChangeEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.AcceptorACSE</i> que se encarga modificar el estado de la comunicación entre los clientes y el servidor. |
| Nombre: | acse_OnAcseAborting (object, MyDicom.Net.Acse.AcseAbortingEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.AcceptorACSE</i> que se encarga de registrar un posible falla de comunicación entre los clientes y el servidor |
| Nombre: | acse_OnProtocolViolation (object, MyDicom.Net.Acse.ProtocolViolationEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.AcceptorACSE</i> que se encarga de registrar un posible violación del protocolo de comunicación entre los clientes y el servidor. |
| Nombre: | acse_OnAssociationRejected (object, MyDicom.Net.Acse.AssociationRejectedEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.AcceptorACSE</i> que se encarga de denegar la comunicación entre los clientes y el servidor, en caso de violación de seguridad por parte del cliente o por un error de protocolo. |
| Nombre: | acse_OnAssociationClosed (object, System.EventArgs) |

| | |
|--------------|--|
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.AcceptorACSE</i> que se encarga de cerrar la comunicación entre los clientes y el servidor. |
| Nombre: | mwm_OnFindIndication (object, MyDicom.Net.DicomService.MessageEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.Ris.ModalityWorklistManagementService</i> que se encarga de enviarle a los clientes la o las listas de trabajo según los campos enviados por los mismos. |
| Nombre: | mppsns_OnInProgressIndication (object, MyDicom.Net.DicomService.MessageEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.Ris.ModalityPerformedProcedureStepNotificationService</i> que se encarga de recibir las notificaciones de los clientes sobre el estado del procedimiento. En este caso la notificación que recibe es la de <i>Procedimiento en progreso</i> . |
| Nombre: | mppsns_OnUpdatedIndication (object, MyDicom.Net.DicomService.MessageEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.Ris.ModalityPerformedProcedureStepNotificationService</i> que se encarga de recibir las notificaciones de los clientes sobre el estado del procedimiento. En este caso la notificación que recibe contiene la actualización del estado del procedimiento. |
| Nombre: | mppsns_OnDiscontinuedIndication (object, MyDicom.Net.DicomService.MessageEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.Ris.ModalityPerformedProcedureStepNotificationService</i> |

| | |
|--------------|---|
| | que se encarga de recibir las notificaciones de los clientes sobre el estado del procedimiento. En este caso la notificación que recibe es la de <i>Procedimiento abortado o descontinuado</i> . |
| Nombre: | mppsns_OnCompletedIndication (object, MyDicom.Net.DicomService.MessageEventArgs) |
| Descripción: | Evento definido en el estándar DICOM brindado específicamente por el servicio <i>MyDicom.Net.Ris.ModalityPerformedProcedureStepNotificationService</i> que se encarga de recibir las notificaciones de los clientes sobre el estado del procedimiento. En este caso la notificación que recibe es la de <i>Procedimiento completado</i> . |

| | |
|------------------------------------|--|
| Nombre: DAWorklist | |
| Tipo de clase: Controladora | |
| Responsabilidades | |
| Nombre: | FindIndication (name: string, sex: string, birthday: DateTime, patinetId: string, requestedProcedureId: string, aeTitle: string, startDate: DateTime, startTime: DateTime, modality: string) |
| Descripción: | Operación o método que retorna una lista de pacientes con todos los datos asociados a los procedimientos programados según los parámetros recibidos. |
| Nombre: | InsertLog (Log) |
| Descripción: | Operación o método encargado de registrar en la base de datos los cambios en la planificación de los procedimientos, así como las acciones realizadas por los clientes. |
| Nombre: | UpdateScheduledProcedureStatus (scheduledProcedureId: string, status: string) |
| Descripción: | Operación o método encargado de actualizar los cambios en la planificación de los procedimientos, así como las acciones realizadas |

| | |
|--------------|---|
| | por los clientes. |
| Nombre: | InsertPatient (Patient) |
| Descripción: | Operación o método encargado de insertar pacientes en la base de datos, y de llamar a las demás operaciones de inserción. |
| Nombre: | InsertPerson (person: Person, transaction: Npgsql.NpgsqlTransaction, connection: Npgsql.NpgsqlConnection) |
| Descripción: | Operación o método encargado de insertar personas en la base de datos, recibiendo para esto un objeto de tipo conexión y otro de transacción, encargados de gestionar la inserción de los datos. |
| Nombre: | InsertPhone (phoneNumber: PhoneNumber, transaction: Npgsql.NpgsqlTransaction, connection: Npgsql.NpgsqlConnection) |
| Descripción: | Operación o método encargado de insertar un numero de telefono en la base de datos, recibiendo para esto un objeto de tipo conexión y otro de transacción, encargados de gestionar la inserción de los datos. |
| Nombre: | InsertReferringPhysician (referringPhysician: ReferringPhysician, transaction: Npgsql.NpgsqlTransaction, connection: Npgsql.NpgsqlConnection) |
| Descripción: | Operación o método encargado de insertar a los médicos referidores en la base de datos, recibiendo para esto un objeto de tipo conexión y otro de transacción, encargados de gestionar la inserción de los datos. |
| Nombre: | InsertRequestingPhysician (requestingPhysician: RequestingPhysician, transaction: Npgsql.NpgsqlTransaction, connection: Npgsql.NpgsqlConnection) |
| Descripción: | Operación o método encargado de insertar a los médicos a cargo del estudio en la base de datos, recibiendo para esto un objeto de tipo conexión y otro de transacción, encargados de gestionar la inserción de los datos. |
| Nombre: | InsertVisit (visit: Visit, transaction: Npgsql.NpgsqlTransaction, connection: Npgsql.NpgsqlConnection) |
| Descripción: | Operación o método encargado de insertar los datos referentes a las |

| | |
|--------------|--|
| | visitas de los pacientes en la base de datos, recibiendo para esto un objeto de tipo conexión y otro de transacción, encargados de gestionar la inserción de los datos. |
| Nombre: | InsertRequestedProcedure (requestedProcedure: RequestedProcedure, transaction: NpgsqlTransaction, connection: NpgsqlConnection) |
| Descripción: | Operación o método encargado de insertar los datos referentes a los procedimientos solicitados de los pacientes en la base de datos, recibiendo para esto un objeto de tipo conexión y otro de transacción, encargados de gestionar la inserción de los datos. |
| Nombre: | InsertScheduledProcedure (scheduledProcedure: ScheduledProcedure, transaction: NpgsqlTransaction, connection: NpgsqlConnection) |
| Descripción: | Operación o método encargado de insertar los datos referentes a los procedimientos programados de los pacientes en la base de datos, recibiendo para esto un objeto de tipo conexión y otro de transacción, encargados de gestionar la inserción de los datos. |
| Nombre: | UpdateScheduledProcedureStatus (scheduledProcedureId: string, status: string) |
| Descripción: | Operación o método encargado de actualizar el estado de realización de los procedimientos programados en la base de datos, recibiendo para esto un objeto de tipo conexión y otro de transacción, encargados de gestionar la inserción de los datos. |

| | |
|------------------------------------|---|
| Nombre: Configuration | |
| Tipo de clase: Controladora | |
| Responsabilidades | |
| Nombre: | ConnectionString |
| Descripción: | Retorna la cadena de conexión con la base de datos. |

| | |
|--------------|---|
| Nombre: | HospitalAddress |
| Descripción: | Retorna la dirección del hospital. |
| Nombre: | HospitalName |
| Descripción: | Retorna el nombre del hospital. |
| Nombre: | WorkListAE |
| Descripción: | Retorna el nombre de la entidad aplicación del servidor. |
| Nombre: | WorklistLogsFileName |
| Descripción: | Retorna la dirección del fichero donde se almacenaran los registros de acciones del servidor. |
| Nombre: | WorkListPort |
| Descripción: | Retorna el puerto de conexión por el cual el servidor se comunica con los clientes. |

Anexo VI. Modelo de Datos

VI.1- Diagrama Entidad – Relación del modelo de datos

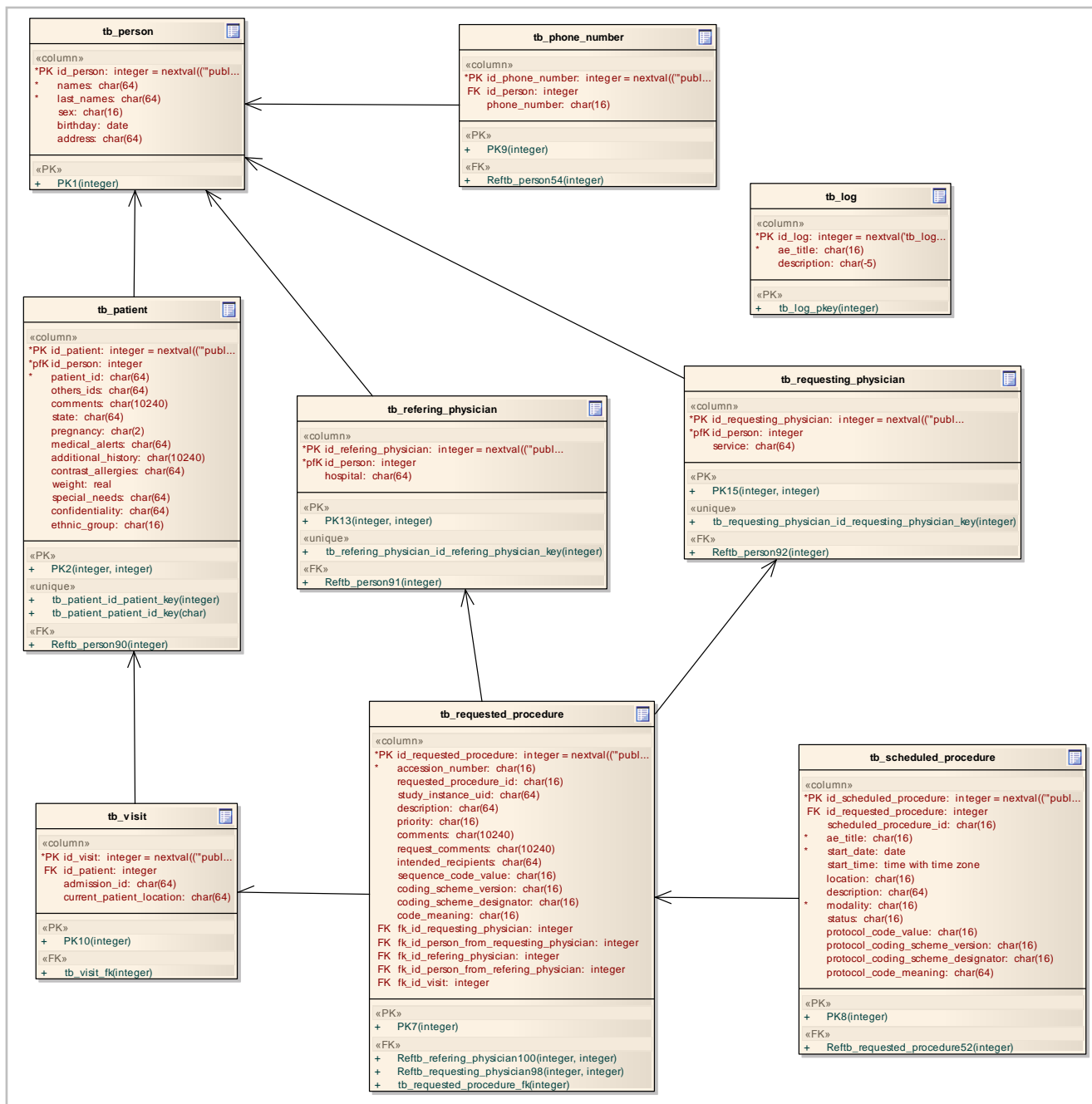


Figura Detalles de los elementos fundamentales del modelo de datos

Anexo VII. Descripción de las tablas de la Base de Datos

| | | |
|---|-------------|---|
| Nombre: tb_person | | |
| Descripción: Almacena la información correspondiente a las personas. | | |
| Esquema lógico: public | | |
| Atributo | Tipo | Descripción |
| id_person | serial | Auto numérico identificador de la persona |
| names | varchar | Nombre de la persona |
| last_names | varchar | Apellidos de la persona |
| sex | varchar | Sexo de la persona |
| birthday | date | Fecha de nacimiento de la persona |
| address | varchar | Dirección particular de la persona |

| | | |
|--|-------------|--|
| Nombre: tb_patient | | |
| Descripción: Almacena la información correspondiente a los pacientes. | | |
| Esquema lógico: public | | |
| Atributo | Tipo | Descripción |
| id_patient | serial | Auto numérico identificador del paciente |
| id_person | integer | Llave foránea que relaciona la tabla paciente con la tabla persona |
| patient_id | varchar | Identificador del paciente en RIS o HIS |
| others_ids | varchar | Otros identificadores del paciente |
| comments | varchar | Comentarios |
| state | varchar | Estado actual del paciente |
| pregnancy | varchar | Estado de embarazo del paciente |
| medical_alerts | varchar | Precauciones médicas. |
| additional_history | varchar | Historia médica del paciente |
| contrast_allergies | varchar | Alergias a sustancias contrastantes |

| | | |
|-----------------|---------|-------------------------------------|
| weight | double | Peso del paciente en kilogramos |
| special_needs | varchar | Necesidades especiales del paciente |
| confidentiality | varchar | Precauciones de confidencialidad |
| ethnic_group | varchar | Grupo étnico |

| | | |
|--|-------------|--|
| Nombre: tb_phone_number | | |
| Descripción: Almacena la información correspondiente a los números telefónicos de las personas. | | |
| Esquema lógico: public | | |
| Atributo | Tipo | Descripción |
| id_phone_number | serial | Auto numérico identificador del número de teléfono |
| id_person | integer | Llave foránea que relaciona la tabla número de teléfono con la tabla persona |
| phone_number | varchar | Número de teléfono |

| | | |
|--|-------------|--|
| Nombre: tb_refering_physician | | |
| Descripción: Almacena la información correspondiente a los médicos referidores. | | |
| Esquema lógico: public | | |
| Atributo | Tipo | Descripción |
| id_refering_physician | serial | Auto numérico identificador del médico referidor |
| id_person | integer | Llave foránea que relaciona la tabla médico referidor con la tabla persona |
| hospital | varchar | Nombre del hospital del médico referidor |

| | | |
|--|-------------|--------------------|
| Nombre: tb_requesting_physician | | |
| Descripción: Almacena la información correspondiente a los médicos a cargo. | | |
| Esquema lógico: public | | |
| Atributo | Tipo | Descripción |

| | | |
|-------------------------|---------|--|
| id_requesting_physician | serial | Auto numérico identificador del médico a cargo |
| id_person | integer | Llave foránea que relaciona la tabla médico a cargo con la tabla persona |
| service | varchar | Nombre del servicio del médico a cargo |

| | | |
|---|-------------|---|
| Nombre: tb_visit | | |
| Descripción: Almacena la información correspondiente a las visitas de los pacientes. | | |
| Esquema lógico: public | | |
| Atributo | Tipo | Descripción |
| id_visit | serial | Auto numérico identificador de la visita |
| id_patient | integer | Llave foránea que relaciona la tabla visita con la tabla paciente |
| admission_id | varchar | Identificador de admisión de la visita. |
| current_patient_location | varchar | Localización actual del paciente |

| | | |
|---|-------------|--|
| Nombre: tb_requested_procedure | | |
| Descripción: Almacena la información correspondiente a los procedimientos solicitados. | | |
| Esquema lógico: public | | |
| Atributo | Tipo | Descripción |
| id_requested_procedure | serial | Auto numérico identificador del procedimiento solicitado |
| accession_number | varchar | Numero de acceso del procedimiento solicitado |
| requested_procedure_id | varchar | Identificador del procedimiento solicitado |
| study_instance_uid | varchar | UID del estudio solicitado |
| description | varchar | Descripción del estudio solicitado |
| priority | varchar | Prioridad del estudio solicitado |

| | | |
|--|---------|---|
| comments | varchar | Comentarios del estudio solicitado |
| request_comments | varchar | Comentarios del médico que solicita o refiere el estudio |
| intended_recipients | varchar | Direcciones de los que deben ponerse al corriente de los resultados del estudio |
| sequence_code_value | varchar | Código de la secuencia del estudio solicitado |
| coding_scheme_version | varchar | Versión de codificación |
| coding_scheme_designator | varchar | Designador de la codificación |
| code_meaning | varchar | Significado del código |
| fk_id_requesting_physician | integer | Llave foránea que relaciona la tabla procedimiento solicitado con la tabla médico referidor |
| fk_id_person_from_requesting_physician | integer | Llave foránea que relaciona la tabla procedimiento solicitado con la tabla persona |
| fk_id_referring_physician | integer | Llave foránea que relaciona la tabla procedimiento solicitado con la tabla médico a cargo |
| fk_id_person_from_referring_physician | integer | Llave foránea que relaciona la tabla procedimiento solicitado con la tabla persona |
| fk_id_visit | integer | Llave foránea que relaciona la tabla procedimiento solicitado con la tabla visita |

Nombre: tb_scheduled_procedure

| Descripción: Almacena la información correspondiente a los procedimientos programados. | | |
|---|-------------|---|
| Esquema lógico: public | | |
| Atributo | Tipo | Descripción |
| id_scheduled_procedure | serial | Auto numérico identificador del procedimiento programado |
| id_requested_procedure | integer | Llave foránea que relaciona la tabla procedimiento programado con la tabla procedimiento solicitado |
| scheduled_procedure_id | varchar | Identificador del procedimiento programado |
| ae_title | varchar | Nombre de la entidad aplicación de la modalidad en la que se encuentra programada el estudio |
| start_date | date | Fecha programada para la realización del estudio |
| start_time | time | Hora programada para el comienzo de la realización del estudio |
| location | varchar | Lugar de realización del estudio |
| description | varchar | Descripción de la programación del estudio |
| modality | varchar | Modalidad del estudio programado |
| status | varchar | Estado del estudio programado |
| protocol_code_value | varchar | Código del protocolo del estudio programado |

| | | |
|-----------------------------------|---------|---------------------------------------|
| protocol_coding_scheme_version | varchar | Versión de codificación del protocolo |
| protocol_coding_scheme_designator | varchar | Designador del código del protocolo |
| protocol_code_meaning | integer | Significado del código |

| | | |
|---|-------------|--|
| Nombre: tb_log | | |
| Descripción: Almacena la información correspondiente a los registros de sucesos. | | |
| Esquema lógico: public | | |
| Atributo | Tipo | Descripción |
| id_log | serial | Auto numérico identificador del suceso |
| ae_title | varchar | Nombre de la entidad aplicación en la que ocurre el suceso |
| description | varchar | Descripción del suceso |

Glosario de términos

| Término | Definición |
|------------------|--|
| ACR | American College of Radiologist. Principal organización de radiólogos, oncólogos y clínicos en Estados Unidos. |
| AETitle | Nombre Entidad Aplicación: Representación usada para identificar a los nodos DICOM |
| ANSI | American National Standards Institute. Organización americana que establece las normas de las industrias de América mediante la coordinación de las normas internacionales y los requisitos de las solicitudes para el establecimiento de los estándares. |
| Caso de uso | Secuencias de acciones que el sistema puede llevar a cabo interactuando con sus actores, incluyendo alternativas dentro de las secuencias. |
| DICOM | Digital Imaging and Communication in Medicine. Estándar para la visualización, almacenamiento y transmisión de imágenes en medicina. Es el estándar reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas, pensado para el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión de imágenes médicas. Incluye la definición de un formato de fichero y de un protocolo de comunicación de red. El protocolo de comunicación es un protocolo de aplicación que usa TCP/IP para la comunicación entre sistemas. Los ficheros DICOM pueden intercambiarse entre dos entidades que tengan capacidad de recibir imágenes y datos de pacientes en formato DICOM. |
| Estándar | Que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia. |
| HIS | Sistema de Información Hospitalaria. Son sistemas de software que trabajan acoplados y permiten la informatización de los distintos servicios de las instituciones de salud. |
| Historia clínica | Historia clínica gestionada digitalmente. |

| | |
|------------------|--|
| electrónica | |
| HL7 | Es una especificación para un estándar de intercambio de datos electrónicos en el área de la salud, con especial énfasis en las comunicaciones intra-hospitalarias, en el área de la información clínica y administrativa. |
| IHE | Integrating the Healthcare Enterprise (Integrando las Empresas Sanitarias). Organización cuya misión es el desarrollo de los estándares médicos en general |
| Licencia GNU GPL | La Licencia Pública General de GNU o más conocida por su nombre en inglés GNU General Public License o simplemente su acrónimo del inglés GNU GPL, es una licencia creada por la Free Software Foundation a mediados de los 80, y está orientada principalmente a proteger la libre distribución, modificación y uso de software. Su propósito es declarar que el software cubierto por esta licencia es software libre y protegerlo de intentos de apropiación que restrinjan esas libertades a los usuarios. |
| NEMA | National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Asociación comercial líder en los Estados Unidos en representación de los fabricantes de productos de la electro-industria. |
| Nodo DICOM | Computadora o equipo que posee interfaces de comunicación DICOM compatible. |
| PACS | Picture Archiving and Communication System (PACS). Sistema para el almacenamiento y comunicación de imágenes médicas. |
| Radiología | Rama de la medicina que utiliza sustancias radioactivas, radiación electromagnética y ondas sonoras para crear imágenes del cuerpo, sus órganos y estructuras con fines de diagnóstico y tratamiento. Las imágenes pueden también mostrar la eficacia del funcionamiento del cuerpo, sus órganos internos y estructuras. |
| 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). |
| RUP | Rational Unified Process (Proceso Unificado del Rational) |
| UID o GUID | Globally Unique Identifier o 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. |