

Universidad de las Ciencias Informáticas
Facultad 7



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

**Análisis y diseño de un componente para
la transmisión y recepción de imágenes médicas**

Autores: Lisandra Figueredo García
Ricardo Jorge Hera

Tutores: Ing. Lázaro González Rodríguez
Ing. Lester M. Rangel Lorenzo

Ciudad de La Habana, julio de 2010

“Año 52 de la Revolución.”

DATOS DE CONTACTO

Tutor: Ing. Lázaro González Rodríguez (lgonzalezr@uci.cu)

Profesor instructor, graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) en el 2007. Imparte la asignatura de Práctica Profesional 2. Actualmente se desempeña como Arquitecto del Departamento de Software Médico Imagenológico del Centro de Informática Médica.

Tutor: Ing. Lester M. Rangel Lorenzo (lmrangel@uci.cu)

Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas, en el año 2008. Participó activamente en actividades científicas estudiantiles siendo miembro del Grupo de Procesamiento de Imágenes de la Facultad 7. Ha impartido clases de Estructura de Datos, Práctica Profesional, Estándar DICOM e Introducción a la Informática. Se desempeña actualmente como especialista del Departamento de Software Médico Imagenológico del Centro de Informática Médica.

RESUMEN

RESUMEN

Con el desarrollo del presente trabajo se realiza el diseño de un componente de software que permite la transmisión y recepción de imágenes médicas rigiéndose por el estándar DICOM 3.0. La solución formará parte del sistema alas PACS, desarrollado en el Departamento de Software Médico Imagenológico del Centro de Informática Médica en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

Para el diseño del componente se hizo un estudio del estándar DICOM 3.0, logrando determinar cuáles eran los requerimientos necesarios para la transmisión y recepción de imágenes médicas. Además, se analizaron las principales características de los componentes semejantes al propuesto, con el objetivo de hacer una descripción de los mismos, identificar la necesidad de desarrollar un componente propio y ver las principales funcionalidades de utilidad para los usuarios. Finalmente, se seleccionó como metodología de desarrollo el Proceso Unificado Ágil (AUP), que hace uso del Lenguaje Unificado de Modelado (UML), obteniéndose artefactos de los flujos de trabajo: Negocio, Requerimientos y Análisis y Diseño. Para la creación de los diagramas, se utilizó la herramienta Enterprise Architect.

Con el desarrollo y puesta en práctica del componente para la transmisión y recepción de imágenes médicas, se ofrecerán servicios que facilitarán el intercambio de imágenes médicas entre Entidades de Aplicación DICOM.

PALABRAS CLAVES

PACS, alas PACS, DICOM, imágenes, componente.

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	II
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
1.1. Conceptos básicos relacionados con el dominio del problema.....	4
1.1.1. Estándar de Imagen Digital y Comunicación en la Medicina	4
1.2. Bibliotecas de clases existentes en el mundo.....	7
1.2.1. Tendencias actuales.....	14
1.3. Principales Herramientas y Tecnologías.....	15
1.3.1. UML 2.1 y AUP	15
1.3.2. Enterprise Architect 7.5.....	15
1.3.3. C# 2.0	16
1.3.4. Visual Studio 2008 Team System.....	16
1.3.5. Moma 2.4	16
Conclusiones Parciales	16
CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....	17
2.1. Propuesta de solución.....	17
2.2. Modelo de Dominio	17
2.2.1. Conceptos del Modelo de Dominio y sus descripciones	18
2.3. Requerimientos Funcionales	20
2.4. Requerimientos no Funcionales	24
2.5. Definición de los Casos de Uso del Sistema	26
2.6. Definición del Actor del Sistema.....	26
2.6.1. Diagrama de Casos de Uso del Sistema	27
2.6.2. Definición de los Casos de Uso	28
2.6.3. Planificación de los Casos de Uso por ciclos de desarrollo	34
Conclusiones Parciales	40
CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA.....	41
2.7. Estilo Arquitectónico	41
2.8. Modelo de Vistas de clases.....	42

ÍNDICE

2.8.1. Modelo del Diseño	45
Conclusiones Parciales	59
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
BIBLIOGRAFÍA	64
GLOSARIO DE TÉRMINOS	66

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de las tecnologías y las comunicaciones, se ha propiciado un adelanto considerable en el conocimiento y el diagnóstico de diferentes patologías mediante el uso de imágenes médicas. El avance de la radiología digital ha sido el pilar fundamental que dio lugar al surgimiento de la Imagenología como especialidad médica. Esta rama se encarga del análisis de los distintos estudios a partir de las imágenes que se generan en los equipos médicos.

El comienzo de la tomografía computarizada (CT¹) como medio de diagnóstico, permitió que surgiera la necesidad de almacenamiento y manipulación de imágenes médicas. A raíz de esto aparecieron nuevas técnicas, entre las que se encuentran: la medicina nuclear (NM²), la resonancia magnética (MR³), la radiografía computarizada (CR⁴) y la angiografía por sustracción digital (DSA⁵), entre otras. Para poder transmitir, visualizar y almacenar las imágenes producidas por estas modalidades, se requiere la utilización de Sistemas para la Comunicación y Almacenamiento de Imágenes Médicas (PACS por sus siglas en inglés).

Los PACS brindan una alternativa en el manejo de imágenes digitales de forma eficiente y a gran escala, a través de dispositivos conectados en red. Además, permiten un funcionamiento central de gestión y archivo, unidos por redes de comunicaciones. (1)

Debido a la existencia de estos sistemas y a las ventajas que brindan, se realizó dentro del Departamento de Software Médico Imagenológico (SWMI), en la Universidad de las Ciencias Informáticas, un sistema llamado alas PACS, que tiene como objetivo gestionar el procesamiento, almacenamiento, visualización y transmisión de las imágenes médicas, conforme al estándar de Imagen Digital y Comunicación en la Medicina (DICOM por sus siglas en inglés).

DICOM es un estándar industrial, definido como un documento de análisis para la construcción de software médico. El mismo cuenta con 18 capítulos extensos, escritos a un alto nivel de abstracción y en idioma inglés. Asimismo, su entendimiento presupone conocer temas tales como: protocolos, redes,

¹ Computed Tomography

² Nuclear Medicine

³ Magnetic Resonance

⁴ Computed Radiography

⁵ Digital Subtraction Angiography

INTRODUCCIÓN

estándares y normas ISO⁶ internacionales, entre otros, lo que implica dedicar mucho tiempo de análisis y estudio detallado para adquirir los conocimientos redactados en el estándar.

En Cuba, varios centros hospitalarios han sido beneficiados con el uso de equipos médicos que contienen tecnología de punta para la elaboración de exámenes mediante el empleo de la Imagenología. Debido a los beneficios que traen consigo estas nuevas tecnologías para el diagnóstico médico, Cuba realiza un gran esfuerzo por modernizar los servicios de la salud. Se están adquiriendo nuevos equipos médicos que garantizan diagnósticos rápidos y confiables, de los cuales la mayoría genera imágenes médicas en formato DICOM.

Es de vital importancia garantizar la transmisión y recepción de estas imágenes médicas de un lugar a otro, así como su disponibilidad y seguridad. Estas ventajas se reflejan en el sistema alas PACS, beneficiando a los hospitales donde se encuentre instalado el software.

Como parte del desarrollo del sistema alas PACS, se adquirió una biblioteca de clases llamada Dicom.NET C# SDK, que facilita la transmisión y recepción de imágenes médicas en formato DICOM. Esta biblioteca, sin embargo, no ofrece funcionalidades para explotar elementos de seguridad definidos en el estándar y su adquisición es muy costosa. Además, presenta dificultades para garantizar soporte con tiempo pequeño de respuestas a la solución y por ser un componente cerrado y propietario no se le puede hacer mejoras o modificaciones. Debido a estos inconvenientes fue necesario dar soluciones alternativas, aunque no sostenibles en el tiempo, para combatir estos problemas dentro del sistema alas PACS.

A partir del análisis de la situación anteriormente expuesta se plantea como **problema científico**: ¿Cómo lograr la interoperabilidad entre sistemas heterogéneos que se rigen por el estándar DICOM 3.0?

El **objeto de estudio** de la investigación es: El estándar DICOM 3.0. El **campo de acción** está enmarcado en: La transmisión y recepción de imágenes médicas acorde al estándar DICOM 3.0.

Como **objetivo general** se propone: Diseñar un componente para la transmisión y recepción de imágenes médicas, rigiéndose por el estándar DICOM 3.0.

⁶ International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización)

INTRODUCCIÓN

Para dar cumplimiento al objetivo trazado han sido definidas las siguientes **tareas de la investigación**:

- ✓ Caracterizar bibliotecas de clases existentes que soporten la transmisión y recepción de imágenes médicas acorde al estándar DICOM 3.0.
- ✓ Definir las herramientas a emplear para el diseño del componente de transmisión y recepción de imágenes médicas.
- ✓ Realizar el levantamiento de requisitos representados en lenguaje natural.
- ✓ Obtener el Modelo de Dominio y el Diagrama de Casos de Uso del Sistema.
- ✓ Seleccionar el estilo arquitectónico que será utilizado.
- ✓ Proponer el diseño para el componente de transmisión y recepción de imágenes médicas a partir del estándar DICOM 3.0.

Para cumplir con las tareas propuestas el trabajo se estructuró en tres capítulos:

En el **capítulo 1, *Fundamentación Teórica***: se abordarán conceptos que sustentan la investigación. Además, se expondrán las herramientas y tecnologías usadas para la construcción de la solución propuesta.

En el **capítulo 2, *Descripción del Sistema***: se describen los procesos actuales a través de un Modelo de Dominio, donde se especifican los conceptos u objetos que se relacionan en el problema a resolver. Asimismo, se detallan los requisitos funcionales y no funcionales, modelándose en términos de casos de uso del sistema.

En el **capítulo 3, *Diseño del Sistema***: se realiza el diseño del sistema mediante las clases y los diagramas de secuencia del diseño. También se describen las clases del diseño y se explica el estilo arquitectónico seleccionado.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo se exponen aspectos importantes sobre varios temas, tales como: estándar DICOM, biblioteca de clases, API⁷ y SDK⁸, con el objetivo de profundizar en los conceptos que sirven de fundamentación a la presente investigación. Además, se muestra el estado del arte de algunas bibliotecas de clases existentes en el mundo, que permiten la transmisión y recepción de imágenes médicas y sus características fundamentales, con el propósito de entender la necesidad de una nueva solución. Asimismo, se exponen las diferentes herramientas y tecnologías que serán utilizadas en el desarrollo de la solución propuesta.

1.1. Conceptos básicos relacionados con el dominio del problema

Para el diseño del componente de transmisión y recepción de imágenes médicas se hará un estudio de diversos temas como son: el estándar DICOM 3.0 y las tres capas del modelo de comunicación para la transmisión y recepción de imágenes médicas. También, se hará un análisis de diferentes términos y conceptos que son útiles durante la realización del trabajo.

1.1.1. Estándar de Imagen Digital y Comunicación en la Medicina

El surgimiento de las imágenes digitales en la Medicina trajo consigo la necesidad de un estándar único internacional para la transmisión, almacenamiento y gestión de imágenes médicas. Debido a esto, nace el Estándar de Imagen Digital y Comunicación en la Medicina, dando lugar a la creación de un formato único que incluyera toda la información en un solo archivo, evitando que cada fabricante tuviera un formato de imagen y un protocolo de transmisión propio. De igual forma viabilizó la comunicación entre equipos heterogéneos, independientemente del fabricante que lo produjo. En la actualidad, el estándar DICOM se encuentra en su versión 3.0, surgiendo tras un rediseño completo de la Publicación Normalizada N° 300-1988 de ACR⁹-NEMA¹⁰ perteneciente al campo de la Informática Médica. (2)

Una de las características fundamentales de DICOM es que soporta el intercambio de objetos en redes de comunicación y en medios de almacenamiento a través de protocolos y servicios. Los objetos no son únicamente imágenes digitales y gráficas, también son estudios, reportes, entre otros. (3)

⁷ Application Program Interface

⁸ Software development kit

⁹ Colegio Estadounidense de Radiología

¹⁰ Asociación Nacional de Fabricantes eléctricos

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El Estándar de Imagen Digital y Comunicación en la Medicina fue construido como un modelo orientado a objetos. Los objetos en DICOM son denominados “objetos de información” y las operaciones o servicios son llamadas “clases de servicios”. Debido a esto, las clases de servicios se unen con los objetos de información para formar el par Servicio-Objeto (SOP¹¹). A cada combinación de Objeto-Servicio se denomina SOP Class, que es el concepto elemental de DICOM. (4)

Existen tres capas sobre el modelo de comunicación que permiten la transferencia de mensajes entre aplicaciones médicas, como se muestra en la Fig. 1.

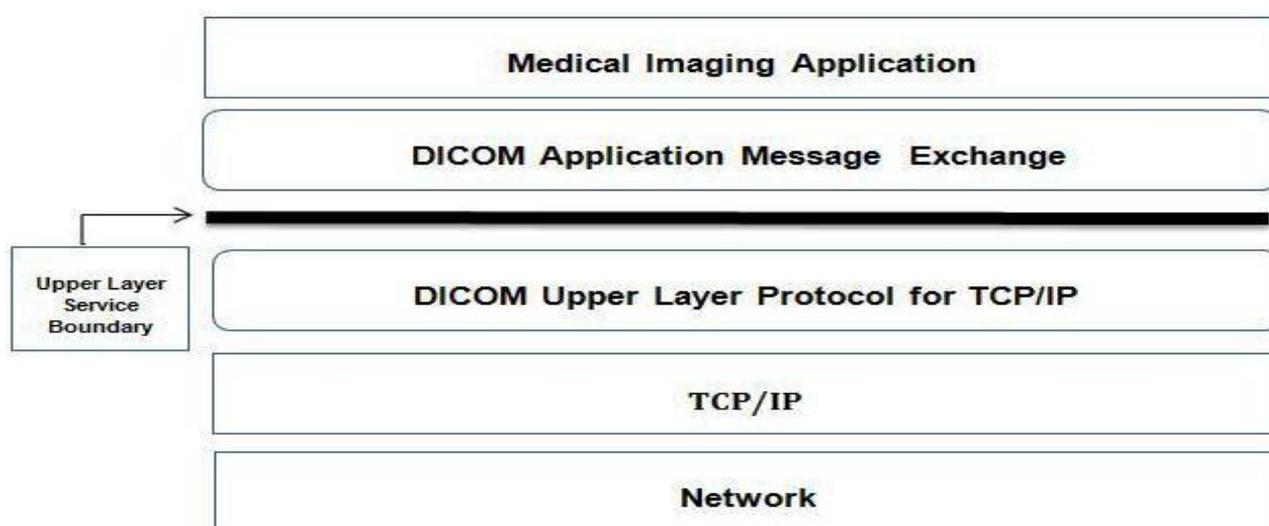


Fig. 1. Arquitectura del protocolo de red DICOM

La primera es la capa DICOM Upper Layer Protocol for TCP/IP¹², que se encuentra ubicada encima de la capa TCP/IP¹³. La misma brinda un marco de trabajo para TCP/IP y la capa DICOM Application Message Exchange¹⁴. Asimismo, funciona como mediadora entre ambas capas. (5)

La capa DICOM Application Message Exchange utiliza el marco de mensajes que brinda la capa DICOM Upper Layer Protocol for TCP/IP. De igual modo, permite el empleo de los servicios de comunicación a las aplicaciones de imágenes médicas.

Se aprecia la diferenciación entre la capa DICOM Application Message Exchange y la DICOM Upper Layer Protocol for TCP/IP, ya que la primera sigue viendo a la segunda como una capa de Protocolo

¹¹ Service Object Pair

¹² Capa Alta de Protocolo

¹³ Transmission Control Protocol/Internet Protocol(Protocolo de Control de Transmisión)

¹⁴ Capa de intercambio de mensajes

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

de Red. El funcionamiento de ambas sigue un comportamiento similar a las del Modelo OSI, donde una capa superior puede interactuar con la inmediata inferior. (6)

¿Desarrollo de una Biblioteca de Clases, API o SDK?

Biblioteca de Clases

Una biblioteca de clases es un conjunto de clases que brinda funcionalidades para resolver problemas específicos. Las bibliotecas contienen códigos y datos que proporcionan servicios a programas independientes, pasando a formar parte de estos. (7)

En general, el término biblioteca de clases se utiliza para referirse a un conjunto de objetos agrupados en un solo fichero, que suele tener las extensiones **.lib**, **.bpl**, **.a**, **.dll**, etc. Estos ficheros permiten tratar las colecciones de objetos como una sola unidad y representan una forma conveniente para el manejo y desarrollo de grandes aplicaciones. (8)

API

Una API es el grupo de funcionalidades que son expuestas por una aplicación para poder trabajar con ellas y representa una interfaz de comunicación entre componentes de software. Uno de los principales propósitos consiste en brindar funciones de uso general. (9)

Es lo que ofrece un artefacto para que el mundo exterior pueda acceder a su estado (datos) y a su comportamiento (acciones o métodos). En el caso de una clase, la API es especificada según los miembros (métodos, campos, variables, eventos) que son accesibles al mundo exterior. También, puede hacer referencia, aunque con menor importancia, a los miembros privados de la clase. (10)

SDK

El kit de desarrollo de software (SDK) es el conjunto de herramientas y programas de desarrollo que le facilitan a un programador crear aplicaciones para un determinado paquete de software o plataforma de hardware, sistemas operativos, entre otros. (11)

Es el conjunto de artefactos que tiene un propósito muy específico y no incluye únicamente el código y los binarios. También, contiene manuales de referencia, guías para el desarrollador, tutoriales, códigos de ejemplos, aplicaciones demostrativas ("demos") y plantillas relacionadas con una tecnología en específico para comenzar a desarrollarla. (12)

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Luego del análisis sobre los temas antes expuestos, se concluye que el componente de transmisión y recepción de imágenes médicas, para el que se realiza un diseño en la presente investigación, es una biblioteca de clases.

1.2. Bibliotecas de clases existentes en el mundo

Actualmente, varias compañías y desarrolladores de sistemas se han dedicado a crear aplicaciones de pequeña y mediana envergadura que resuelven problemas concretos. Asimismo, permiten ser reutilizadas por varias aplicaciones informáticas, tal es el caso de las bibliotecas de clases que están implementadas acorde al estándar DICOM 3.0, dentro de ellas, las que facilitan la transmisión y recepción de imágenes médicas.

PixelMed Java DICOM Toolkit

Es un conjunto de herramientas independientes, que facilitan la implementación del estándar DICOM en su versión 3.0 y contiene funciones para la transferencia, lectura y escritura de información DICOM. Además, soporta la visualización de imágenes y la validación de objetos DICOM. (13)

El kit de herramientas es de código abierto y de libre disposición, tanto para uso comercial como no comercial, bajo los términos de licencia BSD¹⁴. Hace uso de XML¹⁵ y de otras herramientas de código abierto para la compresión de imágenes. (14)

Con el fin de mantener actualizados a los usuarios que utilizan esta aplicación, se creó un foro de debate y una lista de correos que facilitan el conocimiento sobre los cambios y mejoras que se le realizan a la herramienta. Asimismo, este foro permite discutir temas de usabilidad, problemas y errores que presente la aplicación, características y planes futuros que se tienen para próximos alcances de su desarrollo. (15)

Este software no es viable, pues no ha sido probado en ninguna institución médica o sistema imagenológico. Sus desarrolladores no se responsabilizan de su uso, ni de los resultados que se obtengan, es por ello que no ofrece ningún tipo de garantía al usuario. Además, está implementado en el lenguaje de programación Java, por lo que no se adecua a los lineamientos tecnológicos del Departamento de Software Médico Imagenológico.

¹⁴ Licencia de software

¹⁵ Lenguaje de Marcado Extensible

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Trispark Java DICOM Toolkit

La Trispark Java DICOM Toolkit es una biblioteca de clases, desarrollada en el lenguaje de programación Java. Entre sus funcionalidades se encuentra la transmisión de imágenes médicas guiada por el estándar DICOM 3.0. (16)

Esta biblioteca de clases posee varias características, como son:

- ✓ Permite validar la compatibilidad de un fichero DICOM.
- ✓ Permite el soporte de red para la creación de asociaciones a través de TCP / IP y la conexión a dispositivos que generan objetos DICOM.
- ✓ Soporta todas las sintaxis de transferencia.
- ✓ Cuenta con métodos de compresión RLE¹⁶ y JPEG¹⁷.
- ✓ Permite la lectura y escritura de objetos en formato DICOM.

Este software presenta varios inconvenientes que dificultan su elección, destacándose el poco soporte ante dudas o problemas derivados de su utilización, así como también, una pobre descripción de los servicios que brinda. Su implementación está solamente en el lenguaje de programación Java, lo que no se adecua a los lineamientos tecnológicos definidos por el Departamento de Software Médico Imagenológico. Además, su código es propietario y de muy costosa obtención, siendo necesario abonar diferentes cantidades de dinero en dependencia del tipo de licencia que se necesite:

Tipos de Licencias (Incluye un año de actualización y soporte)

- ✓ Licencia de desarrollo: USD 495.00 (Una por cada desarrollador)
- ✓ Licencia de distribución: USD 3,995.00
- ✓ Licencia de código fuente: USD 4,995.00

Por los elementos planteados anteriormente, no es posible utilizar esta biblioteca de clases como base para el desarrollo del sistema alas PACS.

dcm4che

La dcm4che es una biblioteca de clases de código abierto, que brinda servicios para el trabajo con imágenes médicas acorde al estándar DICOM 3.0. Su implementación se encuentra en el lenguaje de programación Java, favoreciendo su utilización en varios sistemas operativos. (17)

¹⁶ Run -Lenght Encoding.

¹⁷ Joint Photographic Experts Group (Grupo de Expertos en Fotografía), es un estándar de compresión de imágenes, lleva el mismo nombre del comité que lo creó.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

dcm4chee brinda varias funcionalidades, entre las que se encuentran: servicios de búsqueda, almacenamiento y transferencia de imágenes médicas, lo que permite intercambiar información con cualquier sistema implementado conforme al estándar DICOM 3.0. (18)

Esta biblioteca de clases posee diversas características y facilidades para desarrollar aplicaciones acordes al estándar DICOM, pero su implementación sólo se encuentra en el lenguaje de programación Java, lo que no se adecua a los lineamientos tecnológicos definidos por el Departamento de Software Médico Imagenológico. Lo planteado anteriormente constituye una limitante para su elección, porque usarla implicaría tener instalada una máquina virtual de Java en cada estación de trabajo donde se utilice. Además, habría que desarrollarla en un lenguaje sobre el que no se tiene experiencia, dificultando el trabajo a la hora de realizar una mejora o corregir un error determinado.

En el foro destinado a plantear problemas relacionados con el uso de la biblioteca de clases existen cerca de 2 300 mensajes afines con este software, de ellos una buena parte son inconvenientes derivados de su manipulación. A raíz de lo expuesto, se concluye que no es posible usar dcm4chee para el desarrollo de los productos de la suite ¹⁸“alas”.

DCMTK

La DCMTK es una colección de bibliotecas de clases de código abierto, desarrolladas por la compañía alemana OFFIS. Al hacer uso de este software, el programador se puede beneficiar de bibliotecas de clases para la lectura/escritura y conversión de imágenes en formato DICOM. Igualmente permite enviar y recibir imágenes mediante una conexión de red. Estas y otras funcionalidades han sido desarrolladas en el lenguaje de programación C++ y bajo la guía del estándar DICOM 3.0. (19)

DCMTK es utilizado por hospitales y empresas de todo el mundo para una amplia variedad de propósitos, entre los que se encuentran: proveedor de almacenamiento de imágenes médicas y servidores de listas de trabajo, como bloque de construcción para proyectos de investigación, prototipos y productos comerciales. Esta biblioteca de clases es multiplataforma y puede usarse en Windows, Linux, Solaris y MacOS X. (20)

Dicha biblioteca de clases presenta el inconveniente de encontrarse implementada solamente en C++, provocando que no se adecue a los lineamientos tecnológicos definidos por el Departamento de Software Médico Imagenológico. Además, su utilización lleva consigo un dificultoso trabajo, debido a la

¹⁸ Conjunto de aplicaciones informáticas comercializadas o distribuidas como único producto.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

poca documentación y complejidad del código en C++. Después de analizar las cuestiones anteriormente expuestas, se concluyó que la biblioteca de clases DCMTK no es considerada como una opción en el desarrollo del producto alas PACS.

DicomObjects

DicomObjects es una biblioteca de clases que ofrece una sencilla API de alto nivel. Se puede utilizar para cualquier aplicación, ya sea un simple visor, un servidor de listas de trabajo o un PACS. Esta característica permite ocultar la mayor parte de las complejidades del estándar DICOM al programador. Entre sus funcionalidades se encuentran: lectura, escritura y creación de objetos DICOM a partir de otros formatos. Además, permite la búsqueda y transmisión de imágenes médicas. (21)

DicomObjects puede utilizarse con una variedad de herramientas de desarrollo, tales como Visual Studio, Delphi o Access. Prácticamente, cualquier tipo de aplicación relacionada con imágenes médicas se puede desarrollar con DicomObjects. A continuación, se verán algunos ejemplos:

- ✓ Aplicaciones de visualización.
- ✓ Estaciones de captura de imágenes.
- ✓ Servidores de almacenamiento y archivos de imágenes.
- ✓ Filtros de importación y exportación de imágenes.

DicomObjects dispone de un tiempo de prueba gratuita de 60 días, cuenta con varios programas de ejemplo para que el desarrollador pueda probar las funcionalidades, pero presenta la limitante de no ser gratuita y su comercialización implica pagar diferentes tipos de licencias conformes al entorno donde se vaya a desplegar la aplicación. Además, el sitio oficial donde se encuentra publicada posee poca documentación e información sobre la misma. La fecha que tiene es del 2008 por lo que puede que su desarrollo se haya detenido. Debido a los problemas anteriormente expuestos, no es posible considerar esta biblioteca como una opción dentro del desarrollo del sistema alas PACS.

DICOM Connection Framework

DICOM Connection Framework es una colección de componentes de software orientado a objeto, que implementa el estándar DICOM 3.0. Permite a un sistema de imágenes médicas comunicarse con otros dispositivos a través de una red. Un Fabricante Original de Equipos (OEM) puede proporcionar interoperabilidad para su aplicación haciendo uso de esta SDK. (22)

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El DICOM Connection Framework está diseñado para:

- ✓ Proporcionar una implementación de varios servicios del estándar DICOM 3.0.
- ✓ Proporcionar una API que permite la comunicación entre los equipos médicos y el DCF.
- ✓ Proveer a los programadores con las herramientas para desarrollar aplicaciones que implementan el estándar DICOM, de manera que el conocimiento detallado de DICOM no es necesario. (23)

Además, el SDK DCF proporciona:

- ✓ Completo soporte de clases DICOM SOP - SCU¹⁹ SCP²⁰.
- ✓ Almacenamiento, lectura y escritura de archivos DICOM en medios extraíbles.
- ✓ Soporte para la transmisión de imágenes en formato DICOM.
- ✓ Implementaciones en diferentes lenguajes, como C#, C++ y Java.
- ✓ Uso en varios sistemas operativos, entre los que se encuentran Windows, Linux y Solaris.
- ✓ Permite múltiples asociaciones. (24)

Esta herramienta presenta varias funciones para la transmisión de imágenes médicas. Además, está implementada en C# y sobre la plataforma .NET, lo que se ajusta a la experiencia de desarrollo del equipo de alas PACS y a los lineamientos tecnológicos del Departamento de Software Médico Imagenológico. A pesar de las múltiples ventajas de la SDK, no es posible concebirla como una alternativa de desarrollo, porque la misma no es gratuita y su utilización requiere el pago de costosas licencias que limitan en gran medida su obtención. Cada persona que integra módulos de la SDK está obligada a adquirir una licencia de asiento del kit de herramientas.

Compra del kit de herramientas:

- Primer asiento: Estándar: \$ 10.500, de lujo: \$ 18.500.
- Cada asiento adicional: 40 % de descuento sobre el precio del primer asiento.

Suscripción del kit de herramientas:

- Cada asiento: Estándar: \$ 3.500 por año, de lujo: \$ 5.000 por año.

¹⁹ Servicio de Clases de Usuario

²⁰ Servicio de Clases de Proveedor

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Dicom.NET C# SDK

Dicom.NET C# SDK es una biblioteca de clases que se encuentra implementada bajo la guía del estándar DICOM 3.0 y brinda funcionalidades tales como: la transmisión de imágenes médicas y asociaciones múltiples, lo que confiere a una Entidad de Aplicación un poder de respuesta importante, al atender varias solicitudes de manera simultánea. Además, ofrece la posibilidad de migración a la plataforma LINUX utilizando la alternativa MONO de .NET. Adicionalmente, esta biblioteca de clases proporciona buenos resultados en rendimiento y estabilidad. (25)

Dicom.NET C# SDK soporta todos los tipos de compresión, pero no cuenta con ninguna biblioteca o API que realmente ejecute esta función. Para hacer a un lado tal deficiencia, se recomienda el uso de otra biblioteca de clases que realice dicha funcionalidad, ya que su diseño así lo permite. (26)

Esta biblioteca de clases es de código cerrado y no implementa elementos de seguridad definidos en el estándar. Además, se necesita una licencia permanente para desarrollar con ella, cuyo costo asciende a la suma de hasta 6 000 USD por cada programador. Los elevados precios y el ser un componente propietario impiden efectuarle mejoras o corregir errores, lo que trae consigo que no se continúe con su utilización.

LeadTools SDK Dicom Communication

Esta biblioteca de clases contiene varias funciones para la comunicación, logrando la interoperabilidad con otras Entidades de Aplicación DICOM. (27)

Características que presenta la SDK para la comunicación:

- ✓ Soporte TCP / IP síncrono o asíncrono para múltiples clientes y servidores.
- ✓ Funciones para iniciar y terminar las asociaciones, automatizando el proceso de llenado de las estructuras PDU²¹.
- ✓ Conversión automática y transparente de los conjuntos de datos DICOM entre sintaxis de transferencias específicas, requeridas por las Entidades de Aplicación asociadas.
- ✓ Funciones para automatizar el proceso de envío de comandos de Solicitud y Respuesta, simplificando enormemente la codificación de aplicaciones para la comunicación.
- ✓ Soporte completo de Intercambio de Mensajes, incluyendo los servicios DIMSE.

²¹ Protocolo de unidades de datos

¹⁸Servicio Elemental de Mensajes DICOM

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- ✓ Soporta los perfiles de seguridad TSL²² e ISCL²³ para la comunicación DICOM. (28)

Con una LeadTools SDK DICOM Communication los desarrolladores pueden:

- ✓ Crear e inicializar una conexión de red.
- ✓ Crear una conexión de asociación para la transferencia de datos y mensajes con formatos DICOM.
- ✓ Personalizar la conexión de asociación para el tipo de datos a transferir y la forma en que se va a realizar la transferencia.
- ✓ Recuperar la información sobre la conexión de red.
- ✓ Crear Servicio de Verificación de Clases DICOM.
- ✓ Crear Servicio de Almacenamiento.
- ✓ Crear Servicio de Consulta/Recuperación.
- ✓ Crear Servicio para la Gestión de los Pacientes.
- ✓ Crear Servicio para la Gestión de los Estudios.
- ✓ Crear Servicio para el Compromiso de Almacenamiento.
- ✓ Crear Servicio para la Gestión Básica de las Listas de Trabajo.
- ✓ Crear cualquier Servicio de Mensajes DICOM (DIMSE). (29)

La biblioteca de clases cuenta con versiones de prueba durante 60 días, para que el desarrollador pueda evaluar si satisface sus necesidades, pero no es considerada una opción viable para el desarrollo del sistema alas PACS porque presenta el inconveniente que es de código cerrado y no se le puede hacer modificaciones. Además, es de muy costosa adquisición, ya que para obtenerla es necesario el pago de licencias de desarrollo por cada programador que instale o use LeadTools.

En la siguiente tabla se muestran las bibliotecas de clases anteriormente mencionadas con varias características que las identifican:

Nombre	.dll	SDK	API	Licencia	Lenguaje	Multiplataforma	Documentación
PixelMed JDT	--	✓	--	BSD	Java	✓	Pobre
Trispark JDT	--	✓	--	Comercial	Java	✓	Pobre
dcm4chee	✓	--	--	MPL/GPL/L	Java	✓	Media

²² Seguridad de la Capa de Transporte.

²³ Seguridad Integrada de la Capa de Comunicación.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

				GPL			
DCMTK	✓	--	--	BSD	ANCI-C, C++	✓	Pobre
DicomObjects	--	--	✓	Comercial	C#, C++	✓	Pobre
DCF	--	✓	--	Comercial	C#, C++, Java	✓	Abundante
Dicom.NET C# SDK	✓	--	--	Comercial	C#	✓	Media
LeadTools	--	✓	--	Comercial	C#, C++, COM	✓	Abundante

Luego de analizar estas bibliotecas de clases se determinó que no era conveniente el uso de ninguna de ellas porque en algunos de los casos no se adecuan a los lineamientos tecnológicos definidos por el Departamento de Software Médico Imagenológico, ejemplo: Trispark Java DICOM Toolkit y DCMTK, entre otras. Además, se identificaron problemas con la documentación y la información publicada en sus sitios web oficiales, como es el caso de DicomObjects. Asimismo, otras se muestran como productos más consolidados y mejor definidos, pero tienen la limitante de ser propietarias, para su uso, hay que pagar caras licencias de desarrollo y despliegue. Por lo tanto, queda evidenciada la necesidad de desarrollar un componente para la transmisión y recepción de imágenes médicas acorde al estándar DICOM 3.0.

1.2.1. Tendencias actuales

Debido al grado de aprobación alcanzado por las bibliotecas de clases que están implementadas acorde al estándar DICOM 3.0, su desarrollo se encuentra marcado por algunas características que han definido su aceptación. Entre las fundamentales figuran las que se dedican a la transmisión y recepción de imágenes médicas. Es de destacar que son multiplataforma, favoreciendo a los desarrolladores, ya que no les limita el sistema operativo donde vayan a ser usadas.

Las mismas aparecen en tres de los lenguajes de programación más conocidos y difundidos en el mundo, como son C#, C++ y Java, posibilitando una amplia comunidad de desarrollo a su alrededor. Como algo esencial que las convierte en una opción interesante, se destaca la amplitud de servicios DICOM que implementan, permitiéndole al programador abstraerse de la complejidad que implica implementar dicho estándar y agilizar el tiempo de desarrollo de su sistema en cuestión.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Existen dos tendencias elementales en su desarrollo: pueden ser de código abierto o libre y de código cerrado o propietario. Las primeras presentan como limitante que la arquitectura y el diseño son un tanto complejos y en la mayoría de los casos cuentan con poca documentación, afectando su entendimiento y utilización, pero al ser libres se benefician de cualquier mejora o actualización, siendo posible obtenerlas y redistribuirlas sin costo alguno. Las segundas, generalmente, se distinguen por ser componentes mejor definidos arquitectónicamente, más documentados y brindan soporte durante un tiempo definido, pero tienen el inconveniente que hay que pagar un alto costo por las licencias para su utilización.

1.3. Principales Herramientas y Tecnologías

En la presente sección se describen las herramientas, lenguajes y tecnologías que se emplean para el diseño y futuro desarrollo del componente de software propuesto.

1.3.1. UML 2.1 y AUP

UML²⁴ es el lenguaje de modelado más conocido y utilizado en la actualidad. Permite especificar, construir, visualizar y documentar un sistema de software. Es empleado por el Proceso Unificado Ágil (AUP por sus siglas en inglés) para la construcción de todos los esquemas de una aplicación. (30)

AUP es una metodología de desarrollo ágil y una versión simplificada del Proceso Unificado de Rational (RUP²⁵), que describe, de manera fácil, la forma de desarrollar aplicaciones. Se emplea en equipos pequeños que resuelven problemas concretos. (31)

1.3.2. Enterprise Architect 7.5

Enterprise Architect es una herramienta de diseño y análisis. Además, soporta todos los aspectos del ciclo de desarrollo de AUP, permitiendo la completa trazabilidad de los distintos diagramas de construcción de software. Esta herramienta posee las siguientes características: generación de código en el lenguaje de programación C# 2.0 y tiene integración con el IDE²⁶ de desarrollo Visual Studio 2008 Team System. (32)

²⁴ Unified Modeling Language

²⁵ Rational Unified Process

²⁶ Integrated Development Environment

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.3.3. C# 2.0

C# 2.0 es un lenguaje de programación orientado a objetos. Debido a esta característica permite la utilización de patrones de diseño y metodologías ágiles, fue desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de su plataforma .NET. Es de fácil utilización, brinda recursos al programador a la hora de la implementación y es posible ejecutar códigos utilizando el framework MONO 2.6. (33)

1.3.4. Visual Studio 2008 Team System

Visual Studio 2008 Team System es un IDE para el sistema operativo Windows. Además, soporta C# 2.0 como lenguaje de programación y permite a los desarrolladores crear aplicaciones en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET. En el momento de escribir programas, cuenta con recursos y fragmentos de código que ayudan a agilizar la labor del programador. Además, es multiframework y posee interacción con Enterprise Architect 7.5. (34)

1.3.5. Moma 2.4

El analizador de migración a la plataforma MONO (Moma por sus siglas en inglés), es una herramienta que ayuda a identificar los problemas que se pueden encontrar a la hora de portar el componente de la plataforma .NET a la plataforma MONO. Moma analiza todas las instrucciones contenidas en el código y las referencias a los tipos externos (.exe y .dll). También, permite verificar si los ensamblados realizados en .NET son soportados o no por la plataforma MONO. (35)

Conclusiones Parciales

Con el desarrollo de este capítulo se realizó un estudio sobre el estándar de Imagen Digital y Comunicación en la Medicina, logrando así conocer su surgimiento, características principales y las capas de comunicación que permiten la transmisión y recepción de archivos DICOM. Además, se analizaron algunos conceptos esenciales que permiten la fundamentación de la investigación como son: biblioteca de clases, API y SDK. Fueron expuestas varias bibliotecas de clases que permiten la transmisión y recepción de imágenes médicas desarrolladas en el mundo. Finalmente, se definieron las tecnologías y herramientas a utilizar en el desarrollo de la solución propuesta.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

En el presente capítulo se brinda la propuesta y descripción de la solución para el componente de transmisión y recepción de imágenes médicas. Con tales propósitos se realiza el Modelo de Dominio y su descripción. Posteriormente, se detallan los requerimientos y se modelan en términos de casos de uso del sistema.

2.1. Propuesta de solución

Luego del análisis de la situación actual en el sistema alas PACS y el estudio del estándar DICOM 3.0, para dar solución a la problemática de la transmisión y recepción de imágenes médicas y su información asociada, se plantea la creación del diseño de clases de un componente para la transmisión y recepción de imágenes médicas, que permita su utilización a las diferentes Entidades de Aplicación que requieran de este servicio.

2.2. Modelo de Dominio

Para una mayor comprensión del componente que se diseña, es necesario partir de la creación del Modelo de Dominio, donde se muestran los conceptos u objetos del problema a resolver y las relaciones que se establecen entre ellos.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

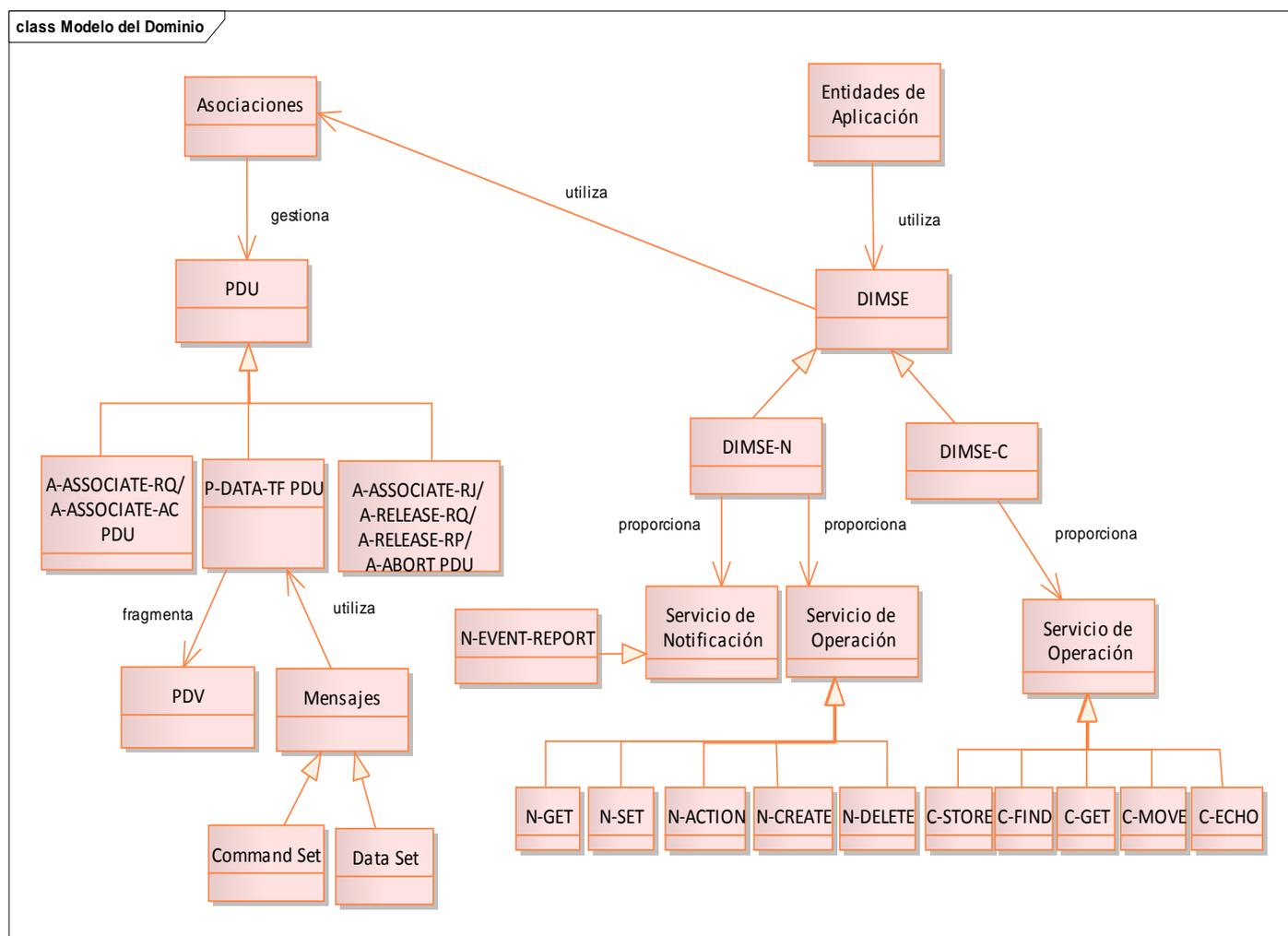


Fig. 2. Diagrama del Modelo de Dominio

2.2.1. Conceptos del Modelo de Dominio y sus descripciones

Conceptos	Descripciones
Entidades de Aplicación	Son aplicaciones que contienen funciones para organizar conexiones, asociaciones y transferencia de información.
DIMSE	El Elemento de Servicio de Mensajes DICOM es un conjunto genérico de operaciones y notificaciones. Tiene como propósito intercambiar imágenes médicas e información asociada.
DIMSE-C	Es un subconjunto de servicios DIMSE, que soporta operaciones en instancias SOP Compuestas, relacionadas con la información de

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

	definiciones de objeto con pares de Entidades de Aplicación.
DIMSE-N	Es un subconjunto de servicios DIMSE, que soporta operaciones y notificaciones en instancias SOP Normalizadas, relacionadas con la información normalizada de objetos con pares de Entidades de Aplicación.
Servicios de Operaciones	Los servicios de operaciones permiten que una Entidad de Aplicación DICOM pueda solicitar la ejecución de una operación que se llevará a cabo por otra Entidad de Aplicación DICOM.
Servicios de Notificaciones	Los servicios de notificación permiten que una Entidad de Aplicación DICOM notifique a otras Entidades de Aplicación DICOM acerca de la ocurrencia de un evento o cambio de estado.
N-EVENT-REPORT	Es un servicio que permite informar de un evento ocurrido.
N-GET	Es un servicio que permite solicitar y obtener el valor de los atributos de una Entidad de Aplicación DICOM.
N-SET	Es un servicio que permite solicitar y modificar una lista de atributos de una Entidad de Aplicación DICOM a otra similar.
N-ACTION	Es un servicio que permite solicitar y ejecutar una acción determinada.
N-CREATE	Es un servicio que permite solicitar y crear un archivo DICOM.
N-DELETE	Es un servicio que permite solicitar y eliminar un archivo DICOM.
C-STORE	Es un servicio que permite solicitar y almacenar un archivo DICOM.
C-FIND	Es un servicio que permite solicitar y buscar uno o más objetos DICOM.
C-GET	Es un servicio que permite solicitar y obtener uno o más objetos DICOM.
C-MOVE	Es un servicio que permite solicitar y mover uno o más objetos DICOM a un tercero.
C-ECHO	Es un servicio que permite verificar las comunicaciones entre Entidades de Aplicación.
Asociaciones	Es la conexión que se establece entre dos Entidades de Aplicación con el propósito de intercambiar información.
PDU	Son las unidades de procesamiento de datos.
P-DATA-TF PDU	Permite realizar la transferencia de mensaje.
A-ASSOCIATE-RJ PDU/	Permiten abortar, rechazar, liberar o terminar la asociación.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

A-RELEASE-RQ PDU/ A-RELEASE-RP PDU/ A-ABORT PDU	
A-ASSOCIATE-RQ PDU/ A-ASSOCIATE-AC PDU	Permiten realizar la petición/aceptación de las asociaciones.
PDV	Permite fragmentar los mensajes para enviarlo a su destino final.
Command Set	Se utiliza para indicar las operaciones/notificaciones que se realicen con el Data Set.
Data Set	Es un conjunto de datos que representa un objeto de información.
Mensajes	Contiene la información necesaria que se maneja en una Entidad de Aplicación DICOM.

2.3. Requerimientos Funcionales

Los requisitos funcionales son capacidades o condiciones que el sistema debe cumplir. Para diseñar un componente de transmisión y recepción de imágenes médicas se necesita un conjunto de requerimientos. A continuación se agrupan en dos paquetes fundamentales:

a) Asociación entre Entidades de Aplicación.

- ✓ Requerimientos relacionados con la negociación de los elementos necesarios para el establecimiento de la asociación y la seguridad del componente.

a) Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.

- ✓ Requerimientos asociados a los servicios DICOM para la transmisión y recepción de imágenes.

A continuación se listan los requerimientos funcionales por sus paquetes correspondientes.

a) Asociación entre Entidades de Aplicación.

Requisitos	
RF1 Llevar a cabo una asociación entre Entidades de Aplicación DICOM remota según el estándar DICOM.	La asociación queda establecida cuando las dos Entidades de Aplicación concuerdan con los elementos presentes en la solicitud y respuesta de la asociación.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

RF1.1 Manejar los estados durante el tiempo de asociación.	Se definen los estados que tendrán las Entidades de Aplicación en cada momento de la asociación.
RF1.2 Incorporar las comprobaciones de seguridad en el momento de la asociación.	Se realiza en tiempo de asociación cuando se negocia si el nombre de usuario y contraseña son correctos.
RF1.3 Gestionar los roles que van a tener las diferentes Entidades de Aplicación durante la asociación.	Es utilizado para determinar qué posición va a tomar cada Entidad de Aplicación durante el transcurso de la asociación. Se ejecutarán las acciones en dependencia del rol.
RF1.4 Gestionar los servicios soportados por Entidades de Aplicación durante la asociación.	Se acuerdan los servicios que se llevarán a cabo y si se pueden realizar o no.
RF1.5 Soportar las clases de servicio contempladas en el estándar hasta la versión actual DICOM 3.0 (2009). Para conocer los tipos de clases de servicio, puede acceder a la <i>Part 4: Service Class Specifications</i> del estándar DICOM.	En el momento de negociación, en la asociación se aceptan las clases de servicio que serán utilizadas.

a) Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.

Requisitos	Descripción
RF2.1 Permitir a una aplicación cliente la realización de una solicitud de notificación sobre un evento ocurrido a una Entidad de Aplicación DICOM.	Es utilizado por el cliente DICOM para informar de un evento ocurrido utilizando el servicio N-EVENT-REPORT.
RF2.2 Permitir a una aplicación proveedora el recibimiento de una solicitud de notificación y la emisión de una respuesta sobre un evento ocurrido a una Entidad de Aplicación DICOM.	Es utilizado por un proveedor DICOM para informar de un evento ocurrido utilizando el servicio N-EVENT-REPORT.
RF2.3 Permitir a una aplicación cliente la realización de una solicitud de obtención del valor de los atributos de una Entidad de Aplicación DICOM.	Es utilizado por el cliente DICOM para realizar una solicitud de obtención del valor de los atributos de una Entidad de Aplicación DICOM utilizando el servicio N-GET.
RF2.4 Permitir a una aplicación proveedora el	Es utilizado por un proveedor DICOM para recibir

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

recibimiento y ejecución de una solicitud de obtención de valores de los atributos de una Entidad de Aplicación DICOM.	y ejecutar una solicitud de obtención de valores de los atributos de una Entidad de Aplicación DICOM utilizando el servicio N-GET.
RF2.5 Permitir a una aplicación cliente la realización de una solicitud de modificación de una lista de atributos a otra Entidad de Aplicación DICOM.	Es utilizado por el cliente DICOM para solicitar la modificación de una lista de atributos a otra Entidad de Aplicación DICOM utilizando el servicio N-SET.
RF2.6 Permitir a una aplicación proveedora la realización de una modificación del valor de los atributos de su Entidad de Aplicación.	Es utilizado por un proveedor DICOM para realizar una modificación del valor de los atributos de su Entidad de Aplicación utilizando el servicio N-SET.
RF2.7 Permitir a una aplicación cliente la realización de la creación de un objeto DICOM.	Es utilizado por el cliente DICOM para solicitar la creación de un objeto DICOM utilizando el servicio N-CREATE.
RF2.8 Permitir a una aplicación proveedora la creación de la instancia de un objeto DICOM.	Es utilizado por un proveedor DICOM para crear una nueva instancia de un objeto DICOM utilizando servicio N-CREATE.
RF2.9 Permitir a una aplicación cliente la realización de una solicitud de eliminación de un archivo DICOM.	Es utilizado por el cliente DICOM para realizar la solicitud de eliminación de un archivo DICOM utilizando el servicio N-DELETE.
RF2.10 Permitir a una aplicación proveedora la eliminación de un archivo DICOM.	Es utilizado por un proveedor DICOM para eliminar un archivo DICOM utilizando el servicio N-DELETE.
RF2.11 Permitir a una aplicación cliente la solicitud de ejecución de una acción determinada.	Es utilizado por el cliente DICOM para solicitar la ejecución de una acción determinada utilizando el servicio N-ACTION.
RF2.12 Permitir a una aplicación proveedora la ejecución de una acción determinada sobre un conjunto de objetos DICOM.	Es utilizado por un proveedor DICOM para ejecutar una acción determinada sobre un conjunto de objetos DICOM utilizando el servicio N-ACTION.
RF2.13 Permitir a una aplicación cliente el envío de solicitudes de almacenamiento de objetos	Es utilizado por un cliente DICOM para enviar solicitudes de almacenamiento de objetos DICOM

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

DICOM.	utilizando el servicio C-STORE.
RF2.14 Permitir a una aplicación proveedora el recibimiento y procesamiento de solicitudes de almacenamiento de objetos DICOM.	Es utilizado por un proveedor DICOM para almacenar objetos DICOM utilizando el servicio C-STORE.
RF2.15 Permitir a una aplicación cliente el envío de solicitudes de obtención de objetos DICOM.	Es utilizado por un cliente DICOM para enviar solicitud de obtención de objetos DICOM según una serie de atributos utilizando el servicio C-GET.
RF2.16 Permitir a una aplicación proveedora el recibimiento y procesamiento de solicitudes de obtención de objetos DICOM.	Es utilizado por un proveedor DICOM para enviar objetos DICOM a la Entidad de Aplicación que los solicita utilizando el servicio C-GET. Incluye operaciones de C-STORE sobre la misma asociación.
RF2.17 Permitir a una aplicación cliente el envío de solicitudes de movimiento de objetos DICOM.	Es utilizado por un cliente DICOM para enviar solicitudes de movimiento de uno o más objetos DICOM a un tercero utilizando el servicio C-MOVE.
RF2.18 Permitir a una aplicación proveedora el recibimiento y procesamiento de solicitudes de movimiento de archivos DICOM.	Es utilizado por un proveedor DICOM para mover uno o más objetos DICOM a un tercero utilizando el servicio C-MOVE. Incluye operaciones de C-STORE sobre una asociación diferente de la de C-MOVE.
RF2.19 Permitir a una aplicación cliente el envío de solicitudes de búsqueda de objetos DICOM.	Es utilizado por un cliente DICOM para enviar solicitudes de búsqueda de uno o más objetos DICOM según una serie de atributos utilizando el servicio C-FIND.
RF2.20 Permitir a una aplicación proveedora el recibimiento y procesamiento de solicitudes de búsqueda de objetos DICOM.	Es utilizado por un proveedor DICOM para buscar uno o más objetos DICOM a través de una serie de atributos utilizando el servicio C-FIND.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

RF2.21 Permitir a una aplicación cliente el envío de solicitudes de verificación de comunicación.	Es utilizado por un cliente DICOM para enviar solicitudes de verificación de comunicación a otra Entidad de Aplicación DICOM utilizando el servicio C-ECHO.
RF2.22 Permitir a una aplicación proveedora el recibimiento y procesamiento de solicitudes de verificación de comunicación.	Es utilizado por un proveedor DICOM para verificar las comunicaciones con otra Entidad de Aplicación DICOM utilizando el servicio C-ECHO.
RF2.23 Crear los distintos tipos de mensajes DICOM para cada tipo de servicio en específico.	Es utilizado por los servicios DICOM en la creación de un mensaje para cada tipo de servicio.
RF2.24 Enviar los mensajes DICOM de los servicios de una Entidad de Aplicación a otra similar.	Es utilizado por los servicios DICOM para, una vez creados los mensajes, realizar la operación que se desee y el mensaje sea enviado a su destino.

2.4. Requerimientos no Funcionales

Los requisitos no funcionales son propiedades o cualidades que el producto debe tener, haciéndolo atractivo, usable, rápido y confiable. Para diseñar un componente de transmisión y recepción de imágenes médicas se necesita un conjunto de requerimientos no funcionales. A continuación, se encuentran agrupados en cuatro categorías fundamentales:

a) Fiabilidad

Requisitos no Funcionales	Tipo
RNF1 Permitir múltiples asociaciones con los clientes.	Disponibilidad

b) Eficiencia

Requisitos no Funcionales	Tipo
RNE2 El tiempo de respuesta de transferencia debe ser rápido. Igual o superior a dos	Rendimiento

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

imágenes por segundo en imágenes de tamaño medio de 512 Kb.	
---	--

c) Diseño e Implementación

Requisitos no Funcionales	Tipo
RNDI4 El componente debe ser implementado en el lenguaje de programación C# 2.0.	Implementación
RNDI5 El componente debe ser implementado en el IDE de desarrollo Visual Studio Team System 2008.	Implementación
RNDI6 El diseño y la implementación del componente debe ser guiado por el estándar DICOM v3.0 (2009).	Diseño e Implementación

d) Funcionamiento

Requisitos no Funcionales	Tipo
RNFO7 Memoria RAM 512 MB.	Hardware
RNFO8 Procesador Pentium IV 3.0 GHz.	Hardware
RNFO9 Sistemas Operativos: Windows XP o Linux.	Software
RNFO10 Frameworks: .NET 2.0 o Mono 2.6.	Software

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

2.5. Definición de los Casos de Uso del Sistema

2.6. Definición del Actor del Sistema



Fig. 3. Actor del Sistema

Actor	Justificación
Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM.	Actor que agrupa a todos los clientes que realizan la transmisión y recepción de archivos DICOM para su visualización o almacenamiento.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

2.6.1. Diagrama de Casos de Uso del Sistema

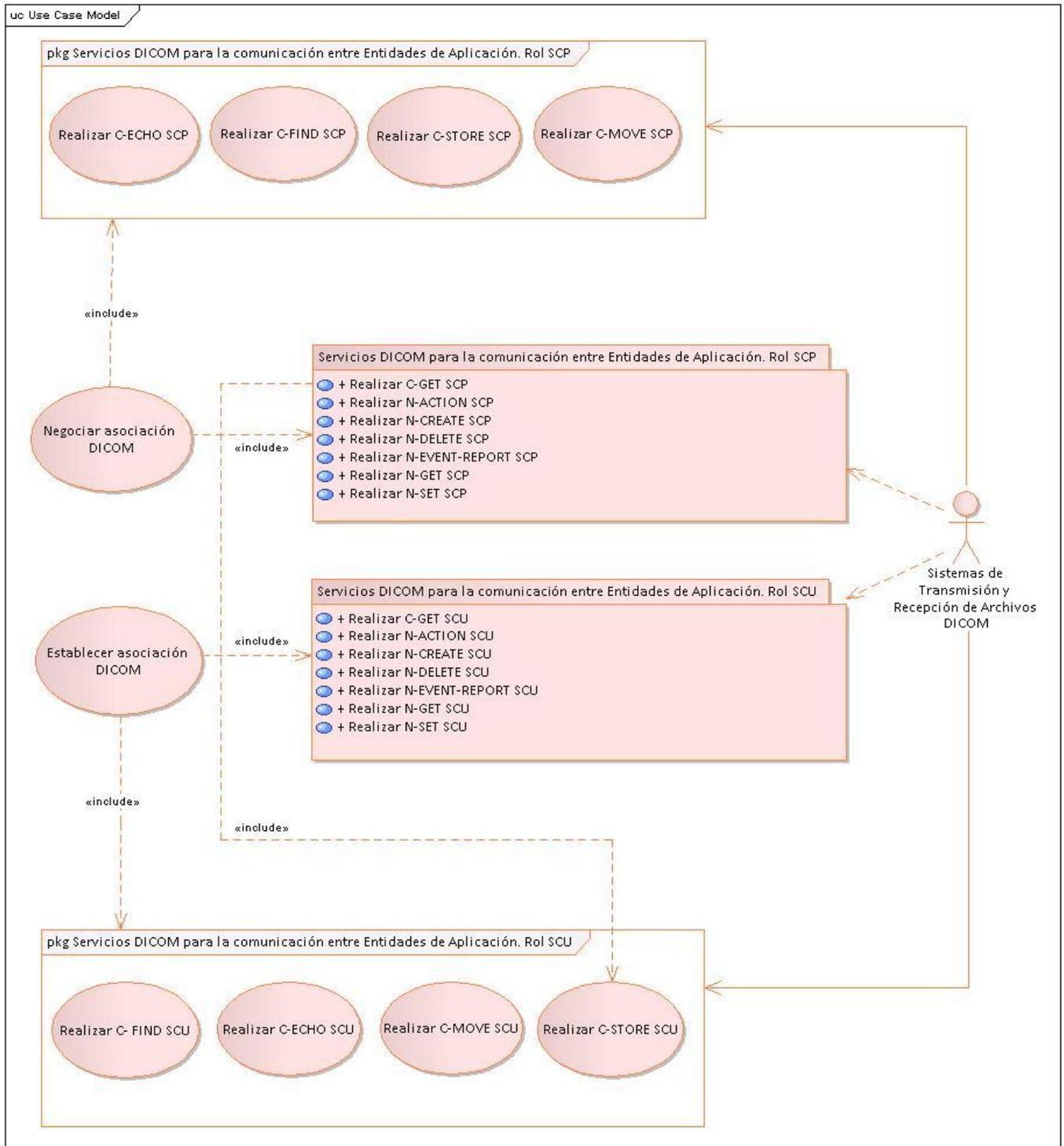


Fig. 4. Diagrama de CU

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

2.6.2. Definición de los Casos de Uso

CU 1	Realizar N-EVENT-REPORT SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM realiza una solicitud de notificación sobre un evento ocurrido a una Entidad de Aplicación DICOM y termina cuando recibe una notificación de confirmación de un proveedor DICOM.
Referencia	RF2.1, RF2.23, RF2.24

CU 2	Realizar N-EVENT-REPORT SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe una solicitud de notificación. Se acepta la solicitud y se envía un mensaje de confirmación a la Entidad de Aplicación solicitante.
Referencia	RF2.2, RF2.23, RF2.24

CU 3	Realizar N-GET SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM realiza una petición del valor de los atributos de una Entidad de Aplicación DICOM y termina cuando un proveedor DICOM envía un mensaje de confirmación con la información solicitada.
Referencia	RF2.3, RF2.23, RF2.24

CU 4	Realizar N-GET SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe una solicitud de obtención de valores de los atributos de una Entidad de Aplicación

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

	DICOM. Se acepta la solicitud, se mandan los valores de los atributos solicitados y se concluye con el envío de un mensaje de confirmación.
Referencia	RF2.4, RF2.23, RF2.24

CU 5	Realizar N-SET SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM realiza una solicitud de modificación de una lista de atributos de una Entidad de Aplicación DICOM a otra similar. Concluye cuando se recibe un mensaje de confirmación.
Referencia	RF2.5, RF2.23, RF2.24

CU 6	Realizar N-SET SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe y acepta una solicitud de modificación del valor de los atributos de dicha Entidad de Aplicación. Se modifican los valores de los atributos solicitados y se envía un mensaje de confirmación.
Referencia	RF2.6, RF2.23, RF2.24

CU 7	Realizar N-CREATE SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM solicita la creación de un objeto DICOM. Concluye al recibir un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción solicitada.
Referencia	RF2.7, RF2.23, RF2.24

CU 8	Realizar N-CREATE SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe y acepta una

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

	solicitud de creación de una nueva instancia de un objeto DICOM. Se crea el objeto DICOM y se envía un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción solicitada.
Referencia	RF2.8, RF2.23, RF2.24

CU 9	Realizar N-DELETE SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM realiza una solicitud de eliminación de un archivo DICOM. Termina al recibirse un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción solicitada.
Referencia	RF2.9, RF2.23, RF2.24

CU 10	Realizar N- DELETE SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe y acepta una solicitud de eliminación de un objeto DICOM. Se elimina el objeto DICOM y se envía un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción solicitada.
Referencia	RF2.10, RF2.23, RF2.24

CU 11	Realizar N- ACTION SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM solicita la ejecución de una acción determinada. Termina al recibirse un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción deseada.
Referencia	RF2.11, RF2.23, RF2.24

CU 12	Realizar N- ACTION SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe y acepta una solicitud de ejecución de una acción determinada. Se lleva a cabo la acción deseada y al concluir se envía un mensaje de confirmación indicando el

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

	cumplimiento de la misma.
Referencia	RF2.12, RF2.23, RF2.24

CU 13	Realizar C- STORE SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM envía una solicitud de almacenamiento acorde al estándar DICOM 3.0. Concluye al recibir un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción solicitada.
Referencia	RF2.13, RF2.23, RF2.24

CU 14	Realizar C- STORE SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe y acepta una solicitud de almacenamiento de objetos DICOM. Se almacenan los objetos DICOM y se envía un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción solicitada.
Referencia	RF2.14, RF2.23, RF2.24

CU 15	Realizar C- GET SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM envía una solicitud de obtención de objetos DICOM. Obtiene los objetos solicitados y se concluye al recibir un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción deseada.
Referencia	RF 2.15, RF2.23, RF2.24

CU 16	Realizar C- GET SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe y acepta una solicitud de obtención de objetos DICOM. Se mandan los objetos DICOM solicitados y se concluye con el envío de un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción solicitada.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Referencia	RF2.13, RF2.16, RF2.23, RF2.24
------------	--------------------------------

CU 17	Realizar C- MOVE SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM envía una solicitud de movimiento de objetos DICOM. Termina al recibir un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción deseada.
Referencia	RF2.13, RF2.17, RF2.23, RF2.24

CU 18	Realizar C- MOVE SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe y acepta una solicitud de movimiento de objetos DICOM. Se mandan los objetos DICOM hacia el destino especificado y se concluye con el envío de un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción solicitada.
Referencia	RF2.13, RF2.18, RF2.23, RF2.24

CU 19	Realizar C- FIND SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM envía una solicitud de búsqueda de objetos DICOM. Se reciben los resultados de la búsqueda y termina al recibir un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción deseada.
Referencia	RF2.19, RF2.23, RF2.24

CU 20	Realizar C- FIND SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe y acepta una solicitud de búsqueda de objetos DICOM. Se mandan los resultados de la búsqueda y se concluye con el envío de un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción solicitada.
Referencia	RF2.20, RF2.23, RF2.24

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

CU 21	Realizar C- ECHO SCU
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un cliente DICOM envía una solicitud de verificación de comunicaciones a otra Entidad de Aplicación. Termina al recibir un mensaje de confirmación con el estado de las comunicaciones, indicando el cumplimiento de la acción deseada.
Referencia	RF2.21, RF2.23, RF2.24

CU 22	Realizar C- ECHO SCP
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando un proveedor DICOM recibe y acepta una solicitud de verificación de comunicación. Se verifica el estado de la comunicación. Concluye con el envío de un mensaje de confirmación indicando el cumplimiento de la acción solicitada.
Referencia	RF2.22, RF2.23, RF2.24

CU 23	Negociar asociación DICOM
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando una Entidad de Aplicación DICOM recibe y acepta una solicitud de asociación. Negocia las posibilidades de trabajo con la Entidad de Aplicación solicitante. Emite un mensaje de respuesta con los términos válidos que se aceptaron para el establecimiento de la asociación.
Referencia	RF 1, RF1.2, RF1.3, RF1.4, RF1.5

CU 24	Establecer asociación DICOM
Actor	Sistemas de Transmisión y Recepción de Archivos DICOM
Descripción	Este caso de uso se inicia cuando una Entidad de Aplicación DICOM solicita el establecimiento de una asociación con otra Entidad de Aplicación DICOM. Recibe un mensaje con los términos aceptados para el establecimiento de la asociación y si son válidos se establece la asociación.
Referencia	RF1, RF1.2, RF1.3, RF1.4, RF1.5

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

2.6.3. Planificación de los Casos de Uso por ciclos de desarrollo

Ciclo 1:

Nombre de caso de uso	Paquete	Justificación de la selección.
CU 1 Negociar asociación DICOM	Asociación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo. Aborda el proceso de negociación en la asociación entre dos Entidades de Aplicación DICOM. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU2 Establecer asociación DICOM	Asociación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo. Aborda el proceso de establecimiento de asociación entre dos Entidades de Aplicación DICOM. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 3 Realizar C- ECHO SCU	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrie ²⁷ . Aborda el proceso de solicitud para la verificación de las comunicaciones entre dos Entidades de Aplicación DICOM. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 4 Realizar C- ECHO SCP	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de

²⁷ Solicitud/Respuesta

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

		Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud para la verificación de comunicaciones entre dos Entidades de Aplicación DICOM. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 5 Realizar C- FIND SCU	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud para la búsqueda de imágenes. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 6 Realizar C- FIND SCP	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de búsqueda de imágenes. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 7 Realizar C- MOVE SCU	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud para el movimiento de imágenes. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 8 Realizar C- MOVE SCP	Servicios DICOM para la	Caso de uso funcionalmente

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

	comunicación entre Entidades de Aplicación.	significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de movimiento de imágenes. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU9 Realizar C- STORE SCU	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud para el almacenamiento de imágenes. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU10 Realizar C- STORE SCP	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de almacenamiento de imágenes. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.

Ciclo 2:

Nombre de caso de uso	Paquete	Justificación de la selección.
CU 11 Realizar N- EVENT-REPORT SCU	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud de

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

		notificación sobre un evento ocurrido. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 12 Realizar N- EVENT-REPORT SCP	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de notificación sobre un evento ocurrido. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU13 Realizar N GET SCU	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud de valores de los atributos de una Entidad de Aplicación DICOM. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU14 Realizar N GET SCP	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud para ejecutar una petición de valores de los atributos de una Entidad de Aplicación DICOM. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU15 Realizar N SET SCU	Servicios DICOM para la	Caso de uso funcionalmente

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

	comunicación entre Entidades de Aplicación.	significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud para realizar una modificación de valores de los atributos de una Entidad de Aplicación DICOM. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 16 Realizar N SET SCP	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de modificación de valores de los atributos de una Entidad de Aplicación DICOM. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU17 Realizar N CREATE SCU	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud de creación de un objeto DICOM. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 18 Realizar N CREATE SCP	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de creación de un objeto

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

		DICOM. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 19 Realizar N DELETE SCU	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud de eliminación de imágenes. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 20 Realizar N DELETE SCP	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso eliminación de imágenes. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 21 Realizar N ACTION SCU	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud para la realización de una acción. Ayuda en la toma de decisiones de la arquitectura del componente.
CU 22 Realizar N ACTION SCP	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de realización de una

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

		acción. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 23 Realizar C GET SCU	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de solicitud para la obtención de imágenes. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.
CU 24 Realizar C GET SCP	Servicios DICOM para la comunicación entre Entidades de Aplicación.	Caso de uso funcionalmente significativo, es parte del conocido conjunto de servicios de Query/Retrieve. Aborda el proceso de obtención de imágenes. Ayuda en la toma de decisiones para la arquitectura del componente.

Conclusiones Parciales

Con el desarrollo de este capítulo se elaboró una propuesta de solución. Además, se realizó el Modelo de Dominio donde se especificaron los conceptos u objetos que se relacionan en el problema a resolver. También, se detallaron los requisitos funcionales y no funcionales del componente propuesto y se definieron los casos de uso y el actor del sistema.

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

En este capítulo se expondrán los aspectos más significativos del diseño del componente. En el mismo se desarrollan varios diagramas de clases e interacción que permiten al programador un mejor entendimiento de lo que se desea lograr con la presente investigación. Además, se describe el estilo arquitectónico que se utiliza en la estructura del componente.

2.7. Estilo Arquitectónico

Los estilos arquitectónicos son los que definen la estructura de un componente de software y se componen de subsistemas con sus responsabilidades. Una vez concluida la ingeniería de requisitos, donde se definieron las características y restricciones del componente, se analizaron varios estilos arquitectónicos, con el fin de obtener la estructura que mejor se ajusta a los requisitos del cliente.

Luego de un estudio realizado sobre los estilos arquitectónicos existentes, se definió que el de arquitectura en capas, perteneciente a la familia de Llamada y Retorno, será el que se utilizará. El estilo de arquitectura en capas, es una organización jerárquica donde cada capa proporciona servicios a la capa inmediata superior y se sirve de las prestaciones que le brinda la inmediata inferior. Las capas o niveles pueden estar implementadas internamente por objetos o procedimientos. Además, permiten, en caso de realizarse cambios, que sólo se afecte a la capa donde se encuentre la modificación. (36)

Haciendo uso del estilo arquitectónico propuesto, la aplicación internamente quedará distribuida en capas: la de DICOM APPLICATION MEDICAL EXCHANGE contiene varias operaciones las que se utilizan para lograr la transmisión de imágenes médicas en formato DICOM y la creación de los mensajes acorde al tipo de servicio a realizar. También, se encuentra: DICOM UL PROTOCOL TCP/IP, encargada de la creación y liberación de asociaciones unido a la transferencia de mensajes.

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

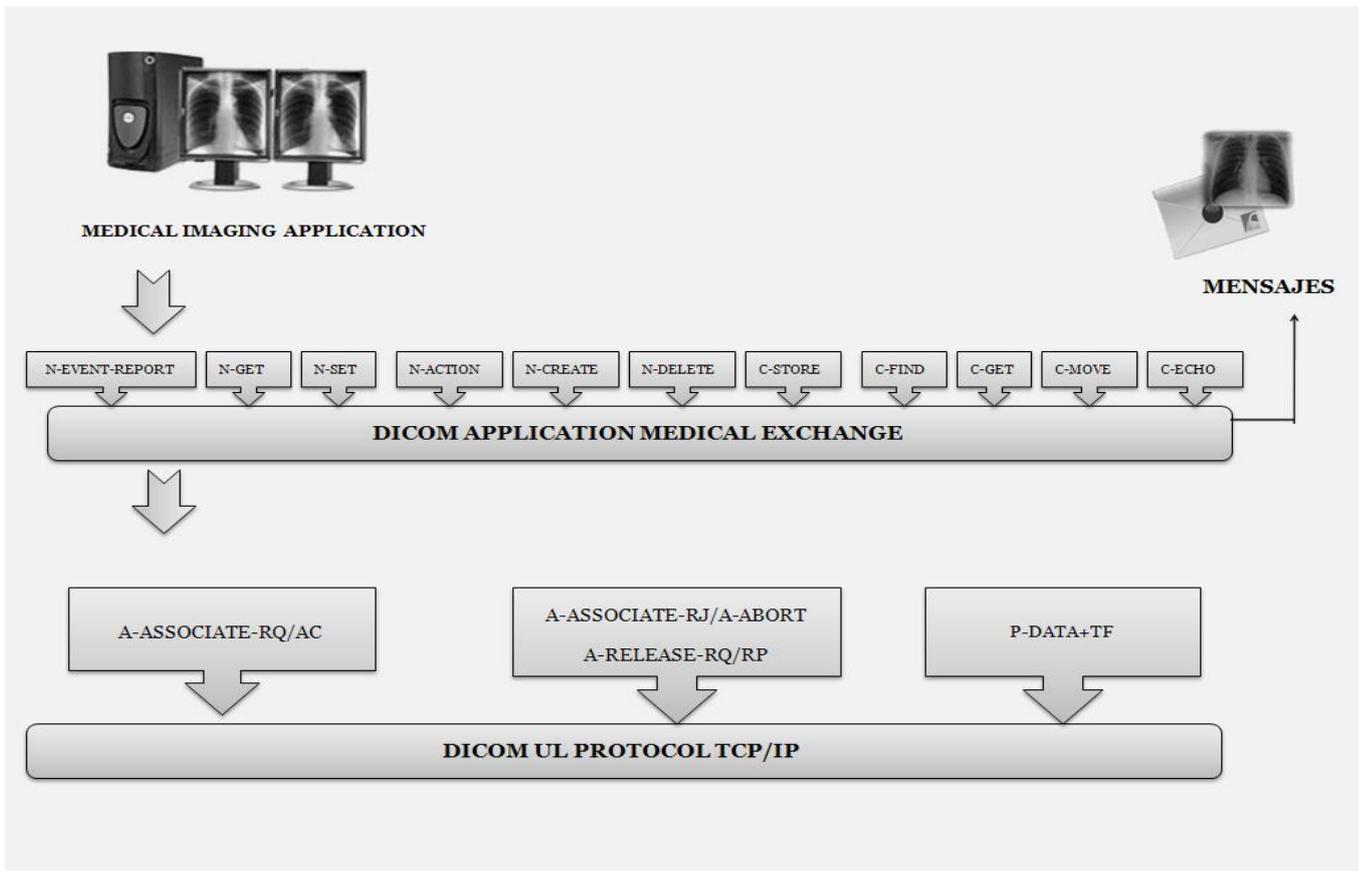
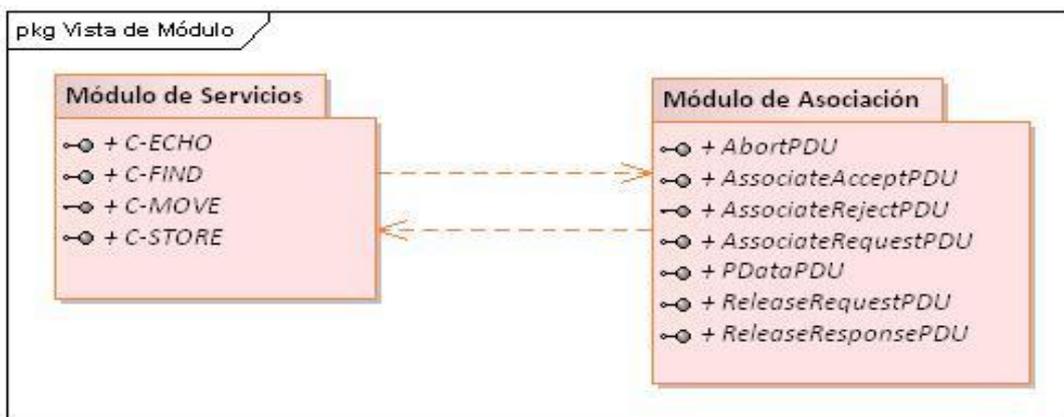


Fig. 5. Capas del componente

2.8. Modelo de Vistas de clases

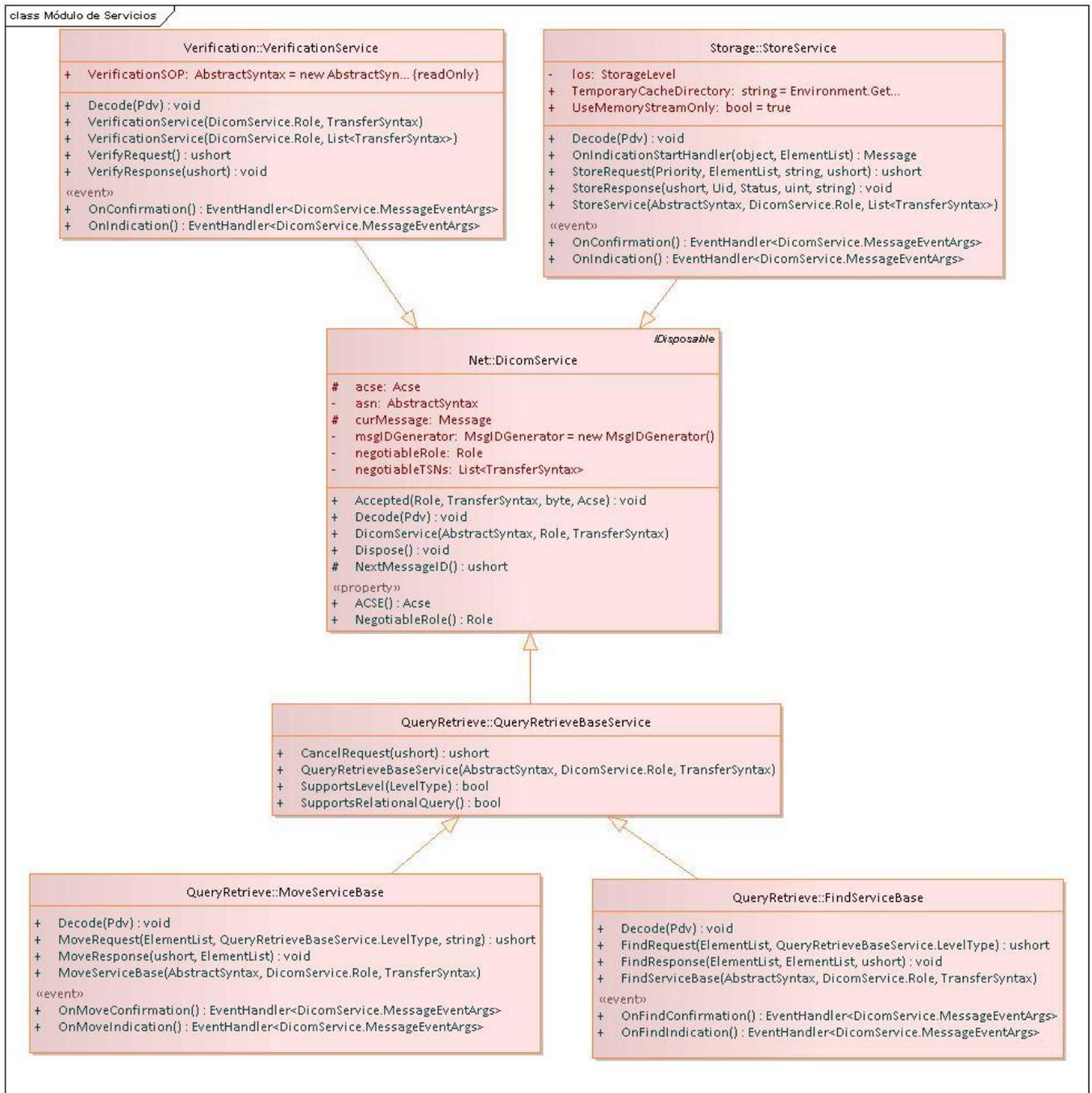
Los Modelos de Vistas de Clases de Diseño, permiten obtener una visión más organizada de cómo están relacionadas las clases según su interacción.

Modelo de Vista por módulos



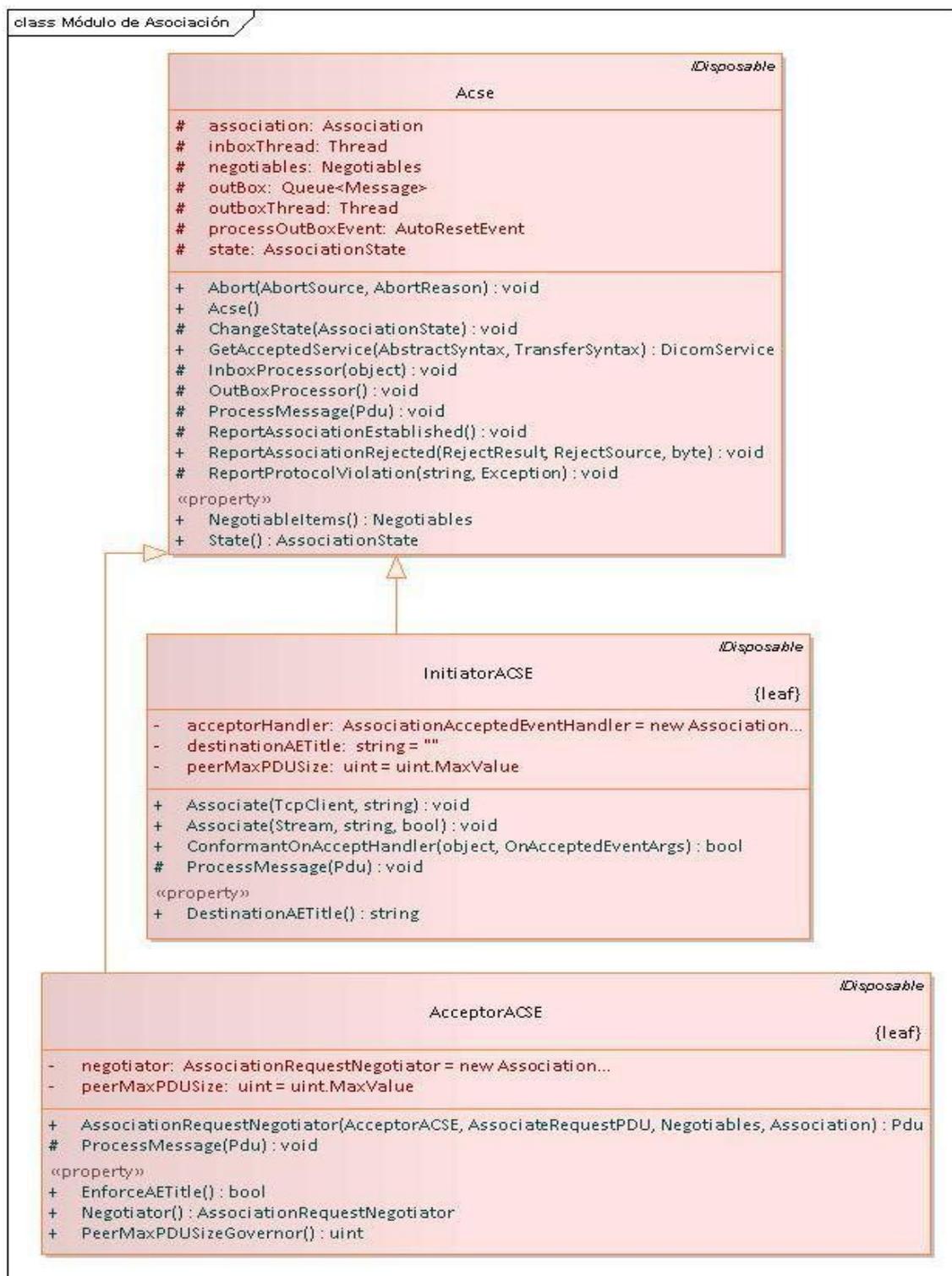
CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

Modelo de Vista de Clases de Servicios



CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

Modelo de Vista de Clases de Asociación.



CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

2.8.1. Modelo del Diseño

Esta etapa se centra en la elaboración de los diagramas de clases del diseño y los de interacción. El objetivo es transformar los requerimientos en un diseño del componente que se desarrollará para que sea efectivo en el ambiente de implementación.

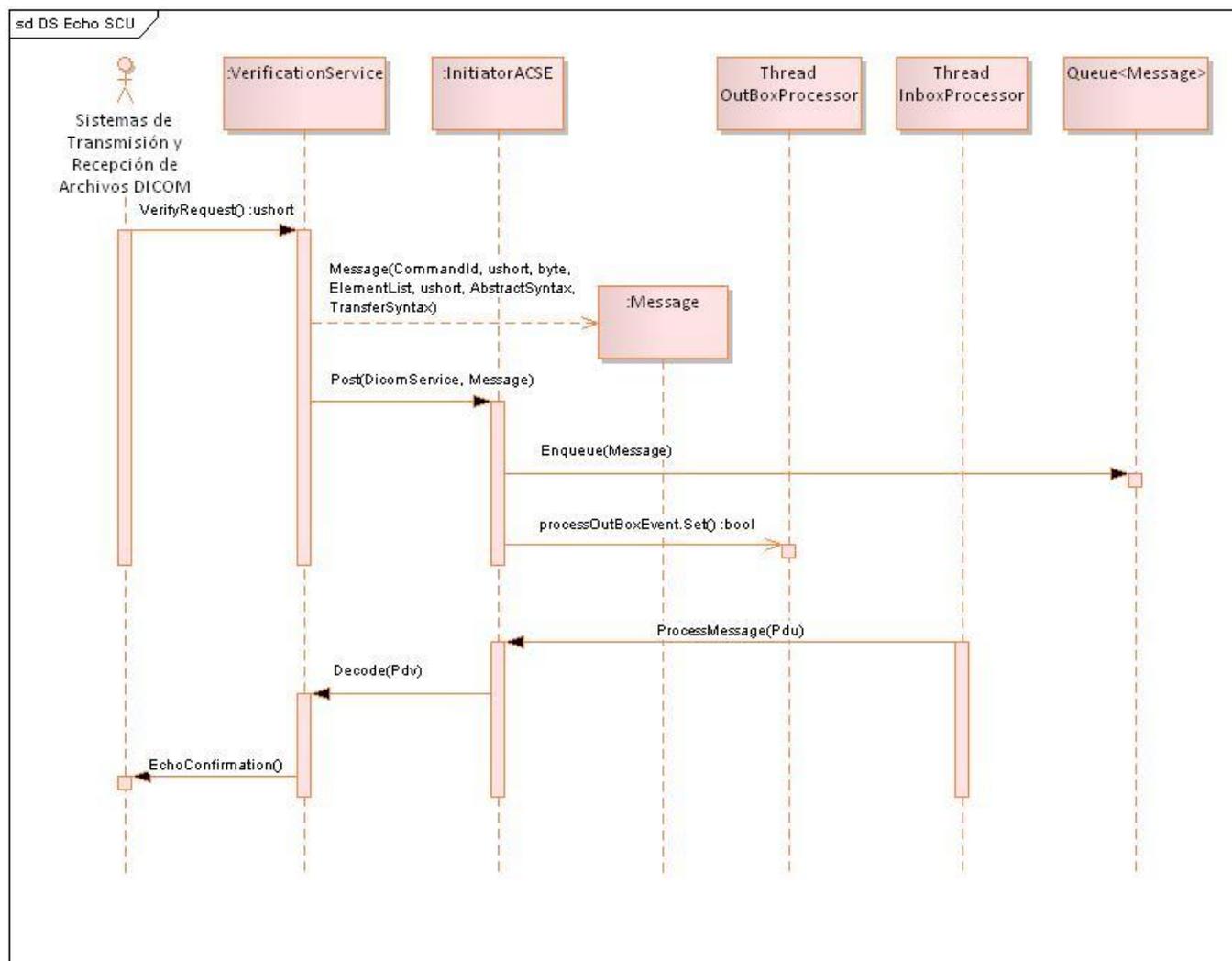


Fig. 6. Diagrama de Secuencia de Diseño del Caso de Uso Realizar C- ECHO SCU

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

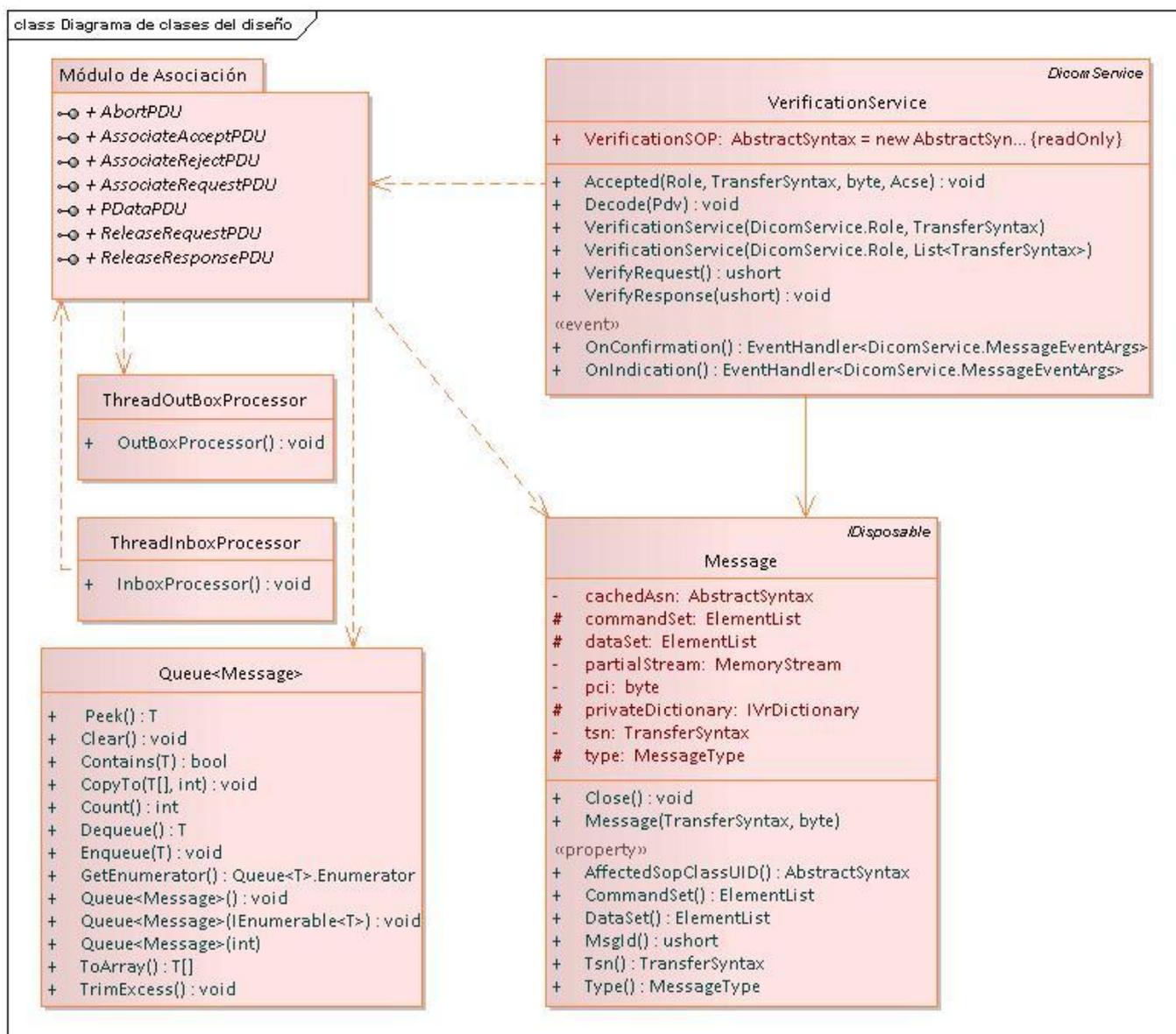


Fig. 7. Diagrama de Clases de Diseño del Caso de Uso Realizar C- ECHO

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

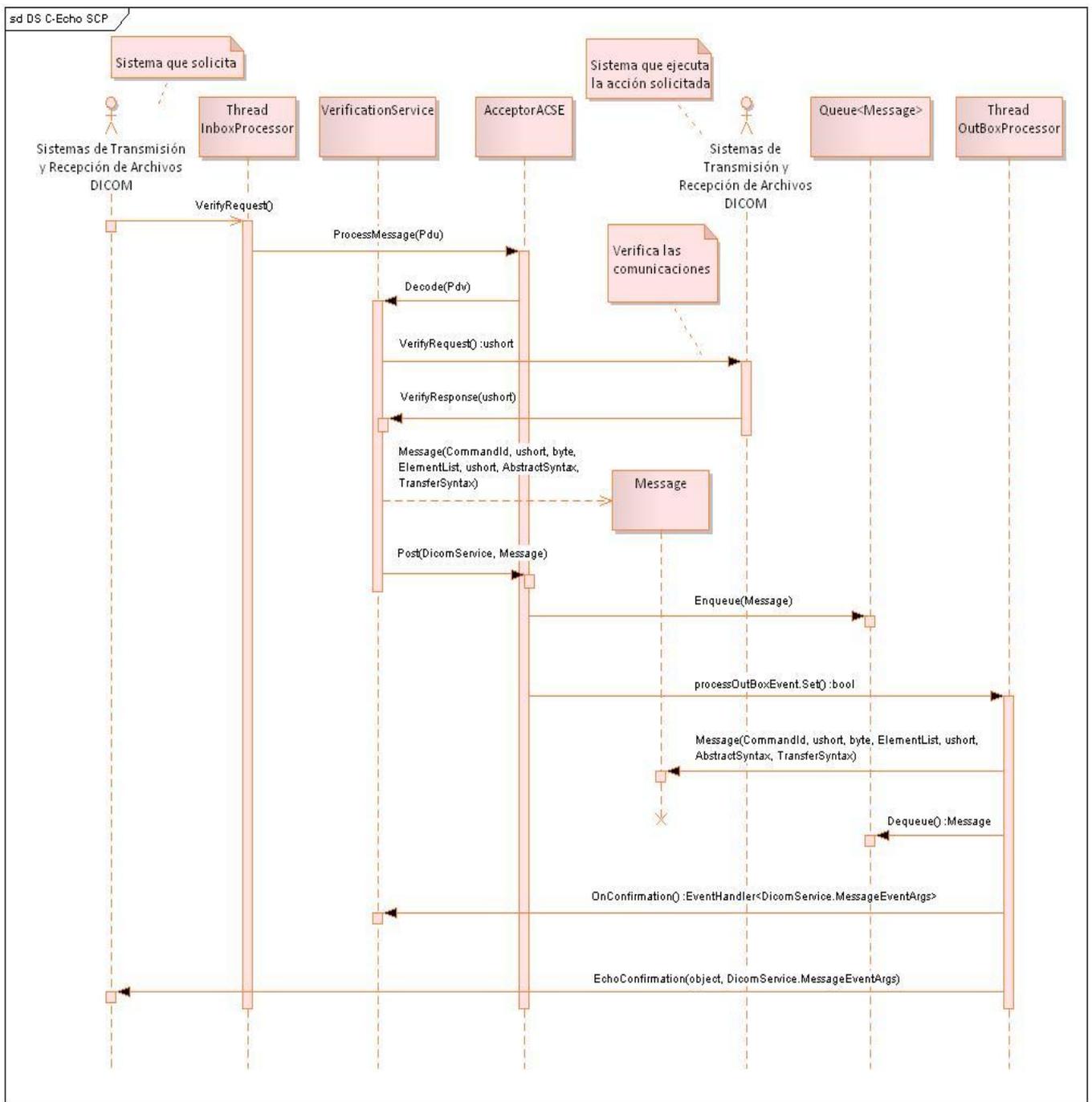


Fig. 8. Diagrama de Secuencia de Diseño del Caso de Uso Realizar C- ECHO SCP

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

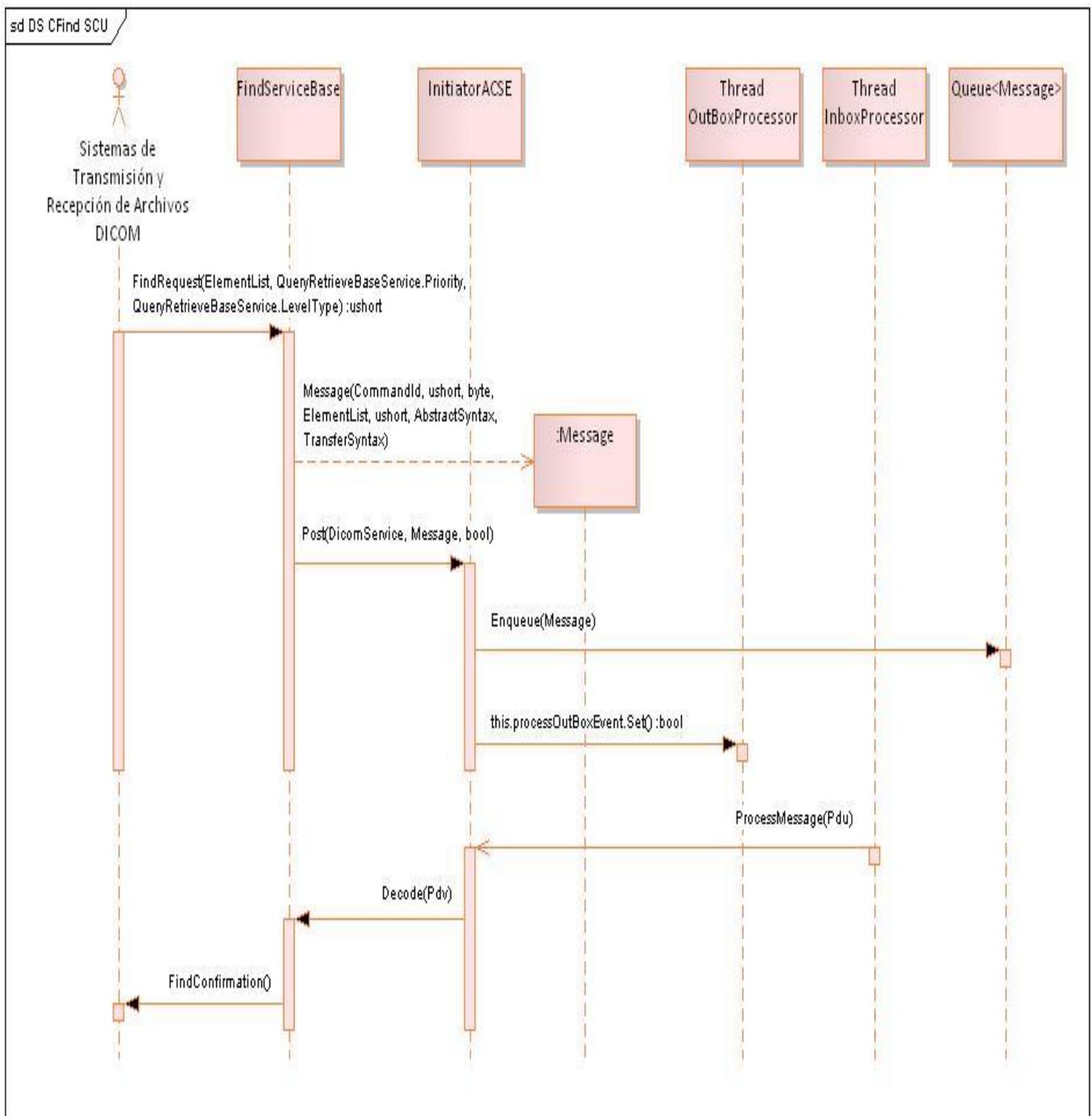


Fig. 9. Diagrama de Secuencia de Diseño del Caso de Uso Realizar C- FIND SCU

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

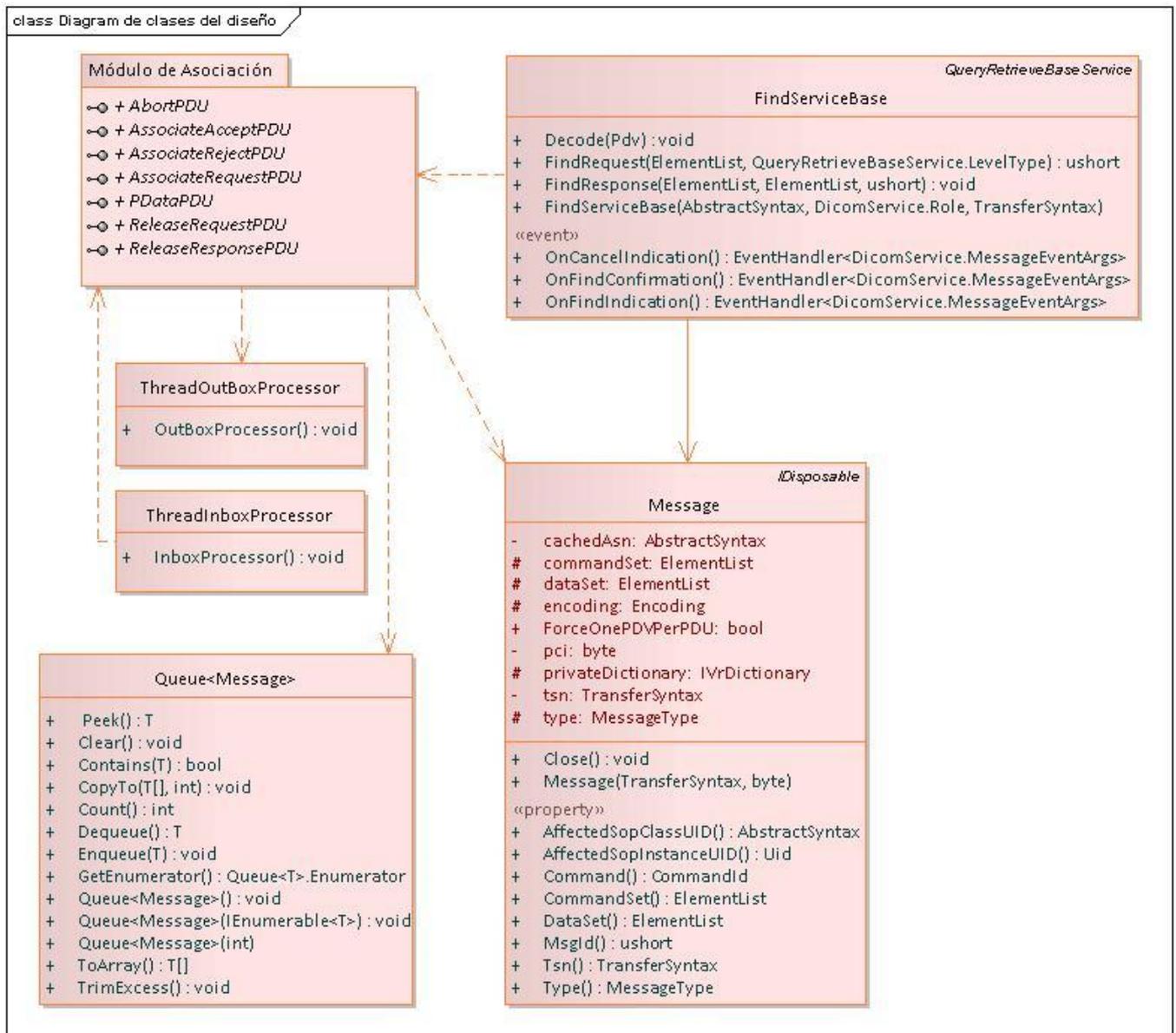


Fig. 10. Diagrama de Clases de Diseño del Caso de Uso Realizar C- FIND

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

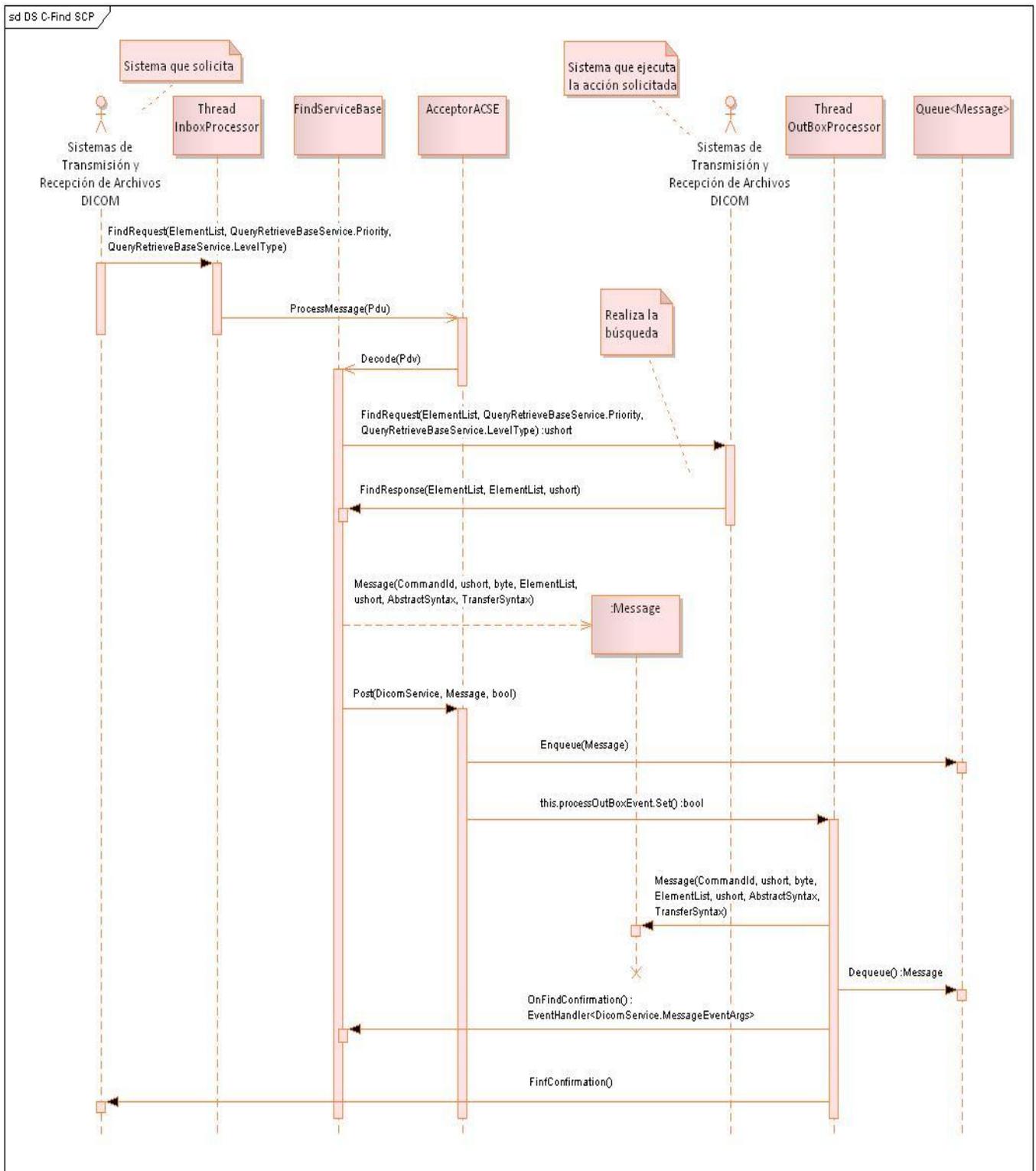


Fig. 11. Diagrama de Secuencia de Diseño del Caso de Uso Realizar C- FIND SCP

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

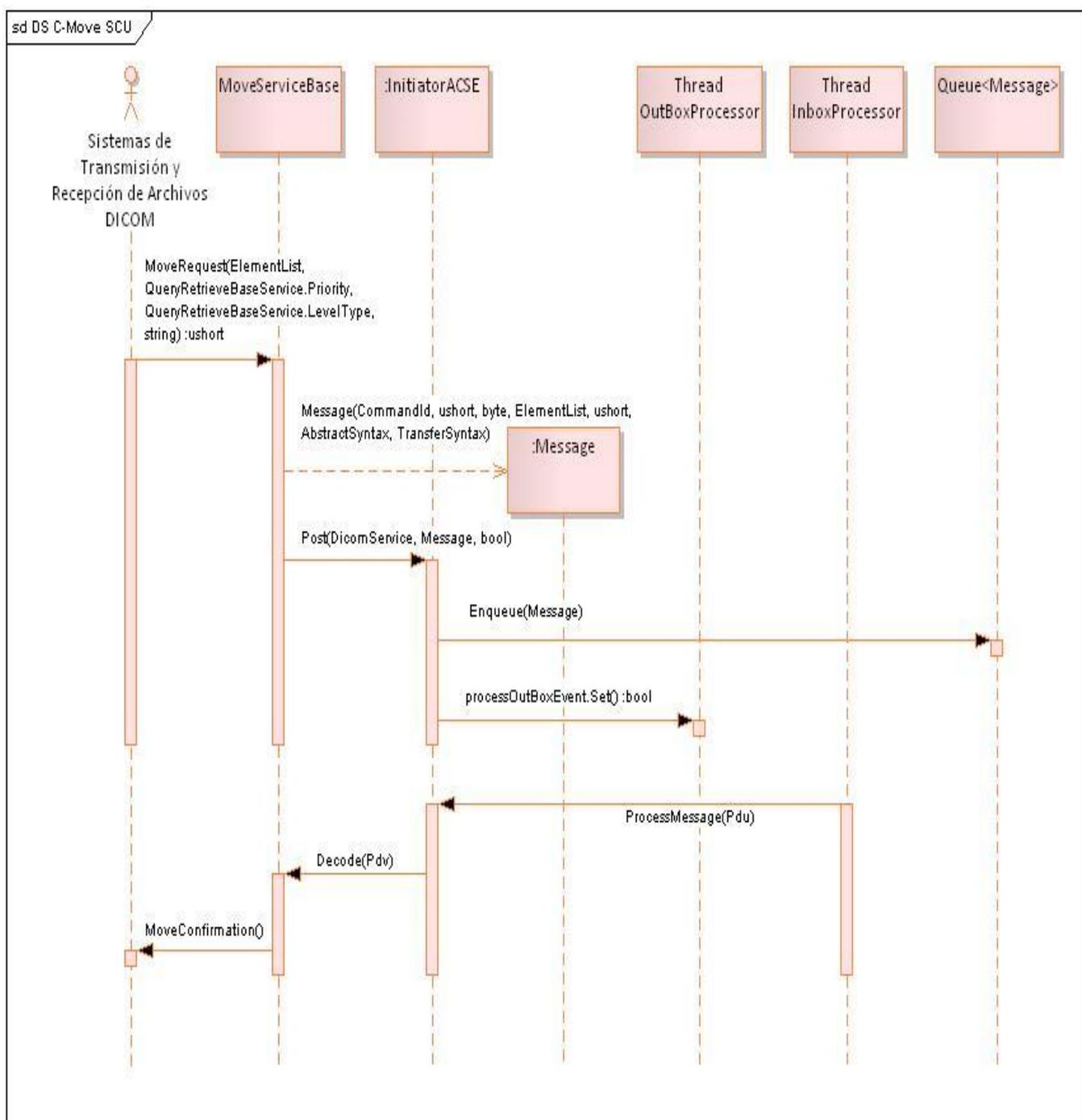


Fig. 12. Diagrama de Secuencia de Diseño del Caso de Uso Realizar C- MOVE SCU

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

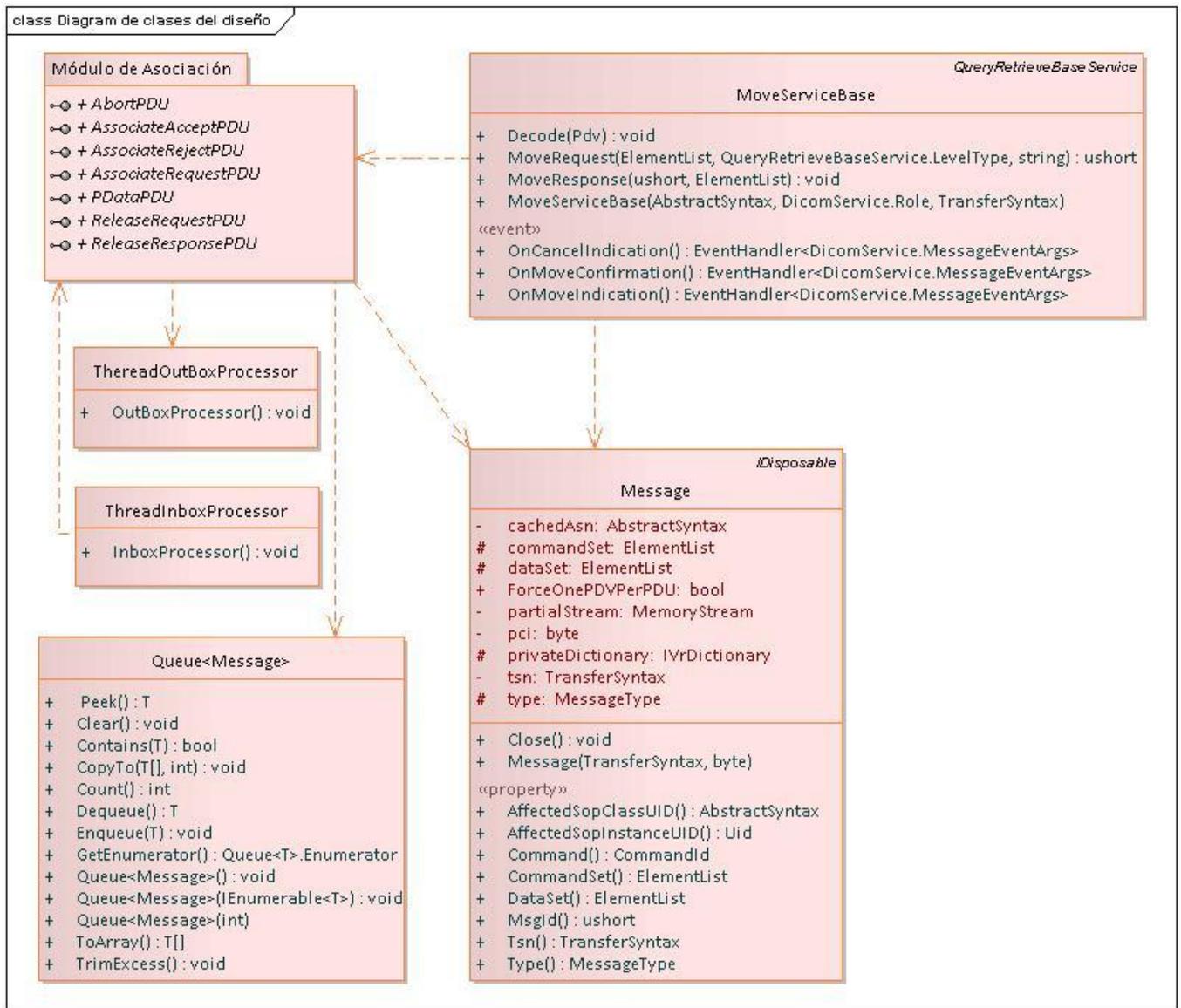


Fig. 13. Diagrama de Clases de Diseño del Caso de Uso Realizar C- MOVE

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

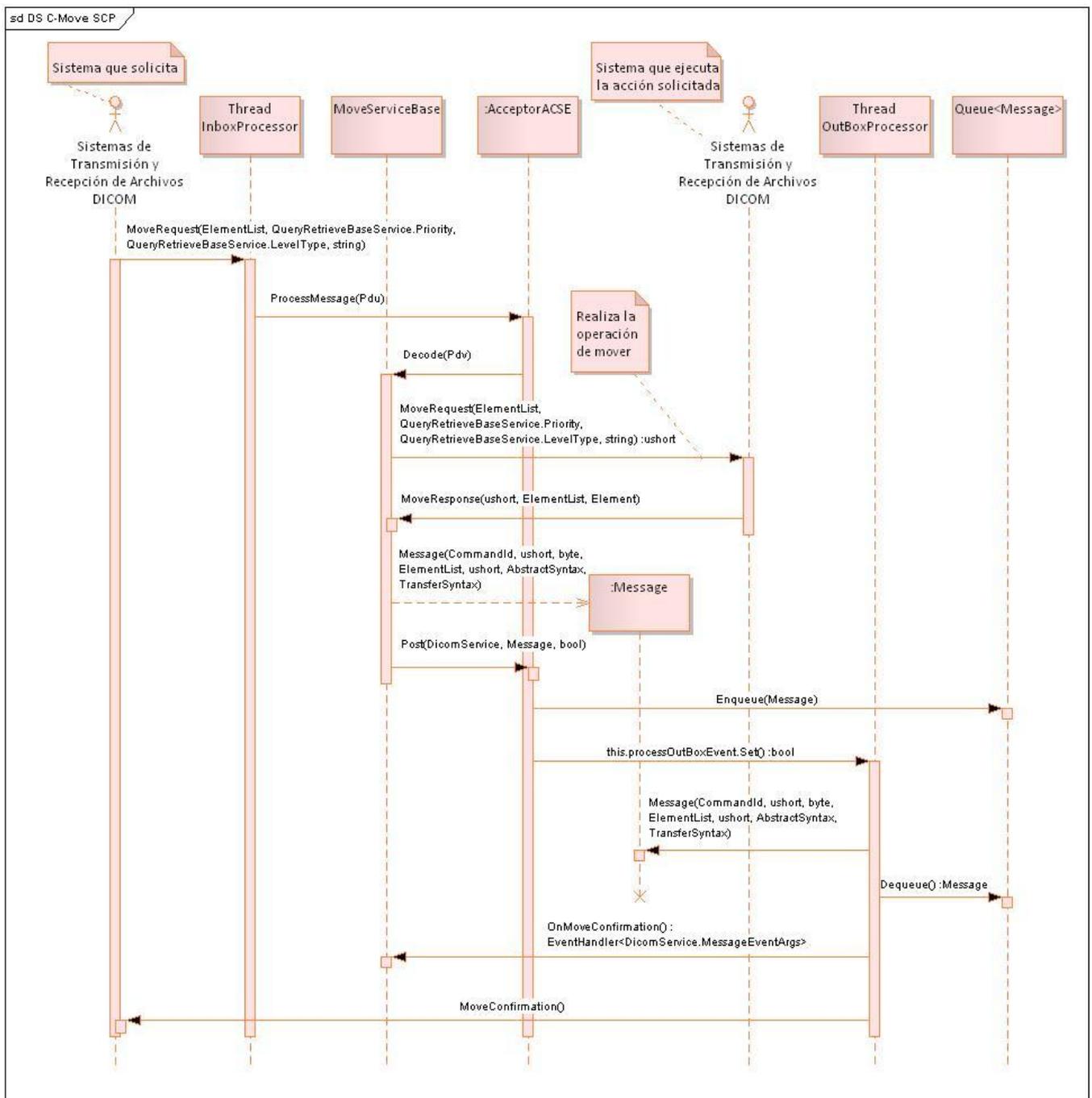


Fig. 14. Diagrama de Secuencia de Diseño del Caso de Uso Realizar C- MOVE SCP

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

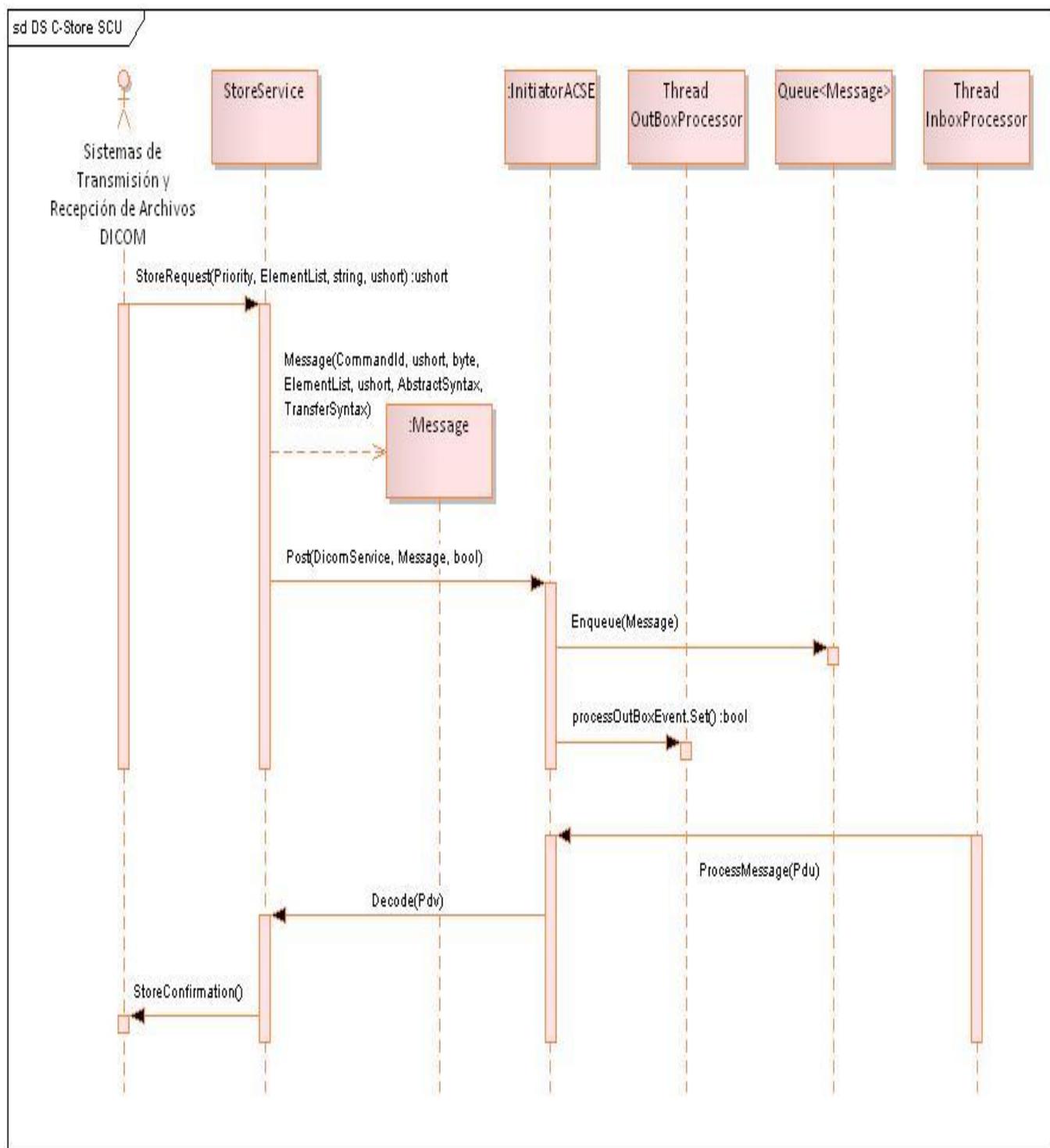


Fig. 15. Diagrama de Secuencia de Diseño del Caso de Uso Realizar C- STORE SCU

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

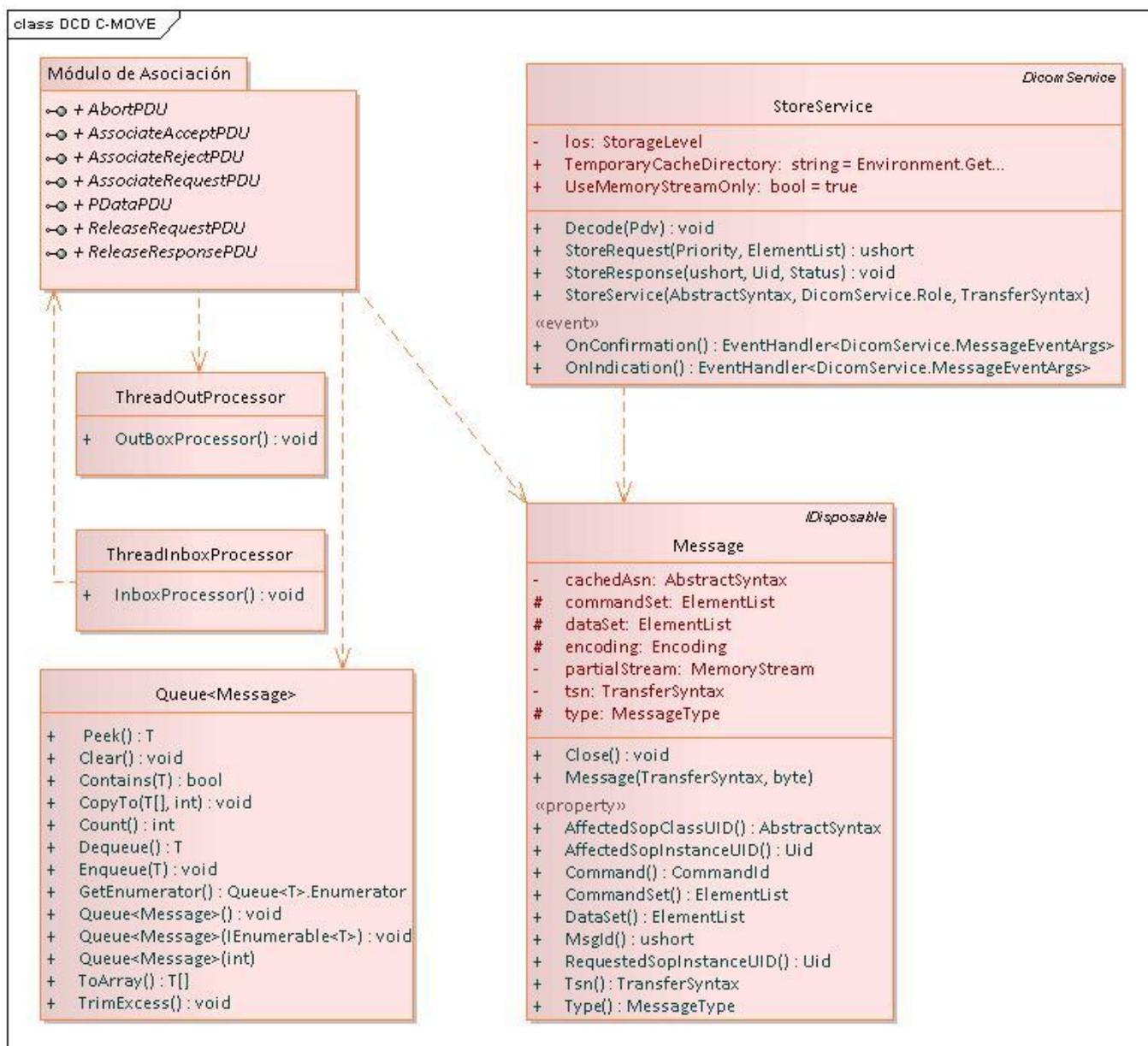


Fig. 16. Diagrama de Clases de Diseño del Caso de Uso Realizar C- STORE

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

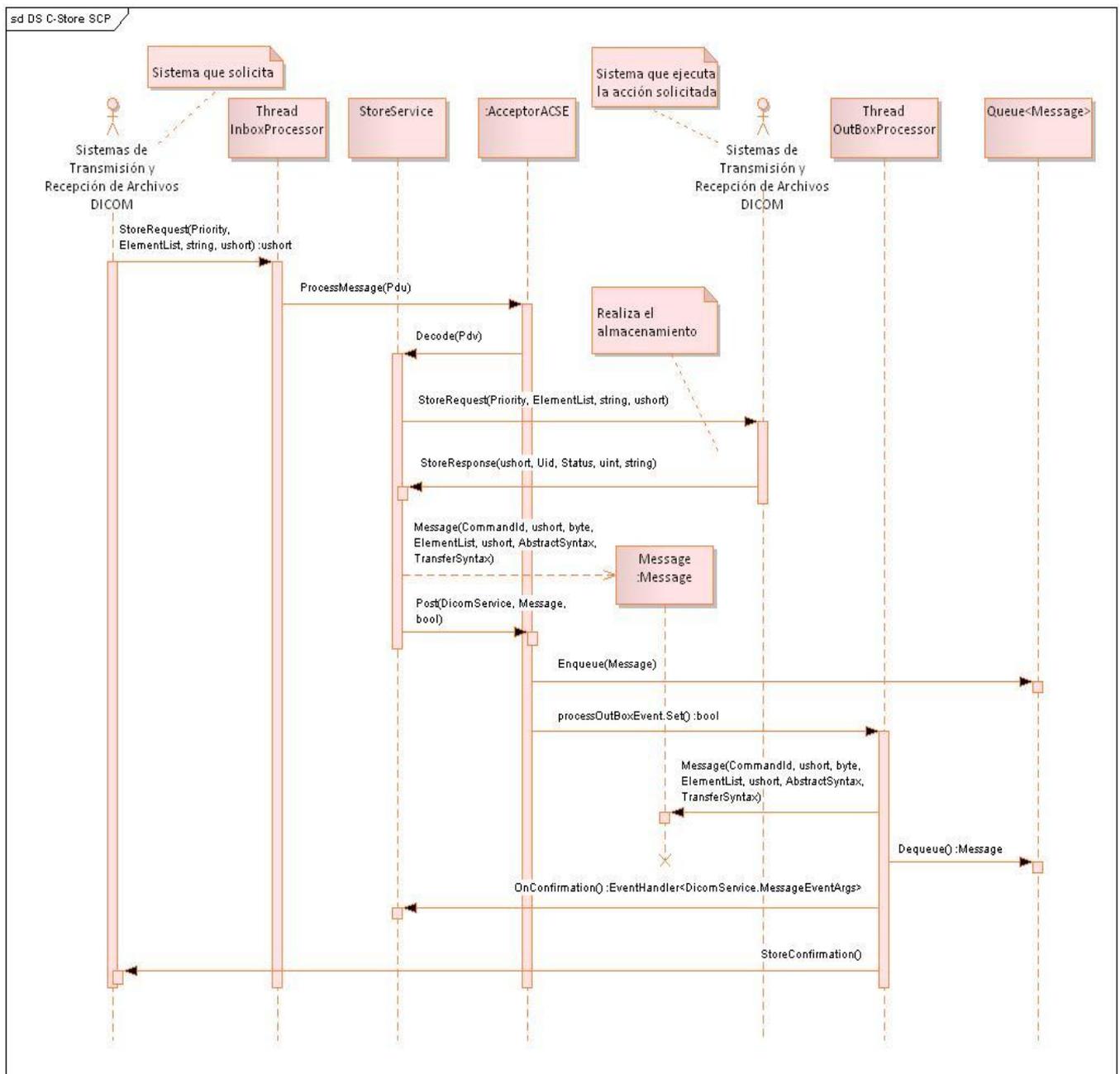


Fig. 17. Diagrama de Secuencia de Diseño del Caso de Uso Realizar C- STORE SCP

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

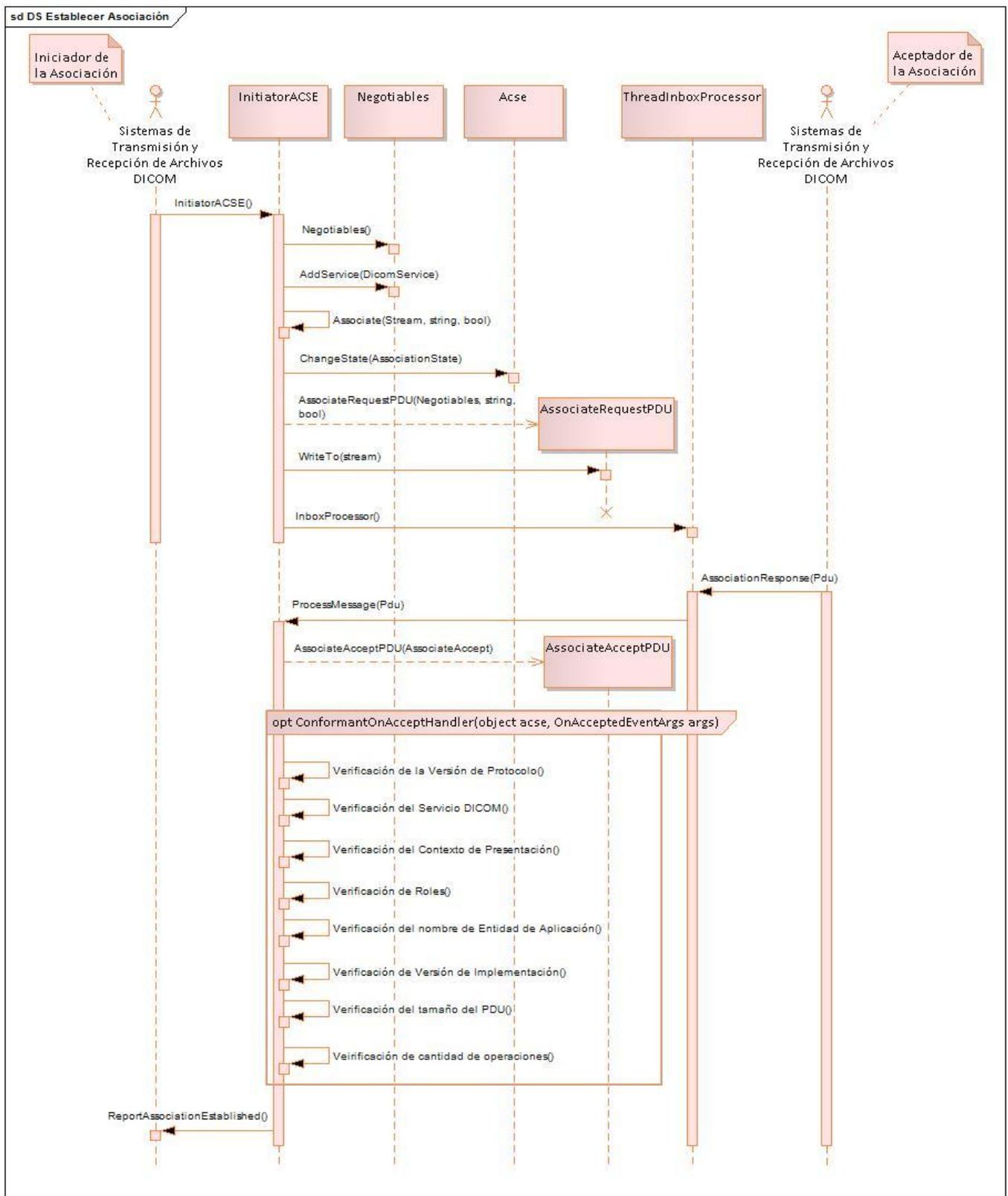


Fig. 18. Diagrama de Secuencia de Diseño del Caso de Uso Establecer Asociación

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

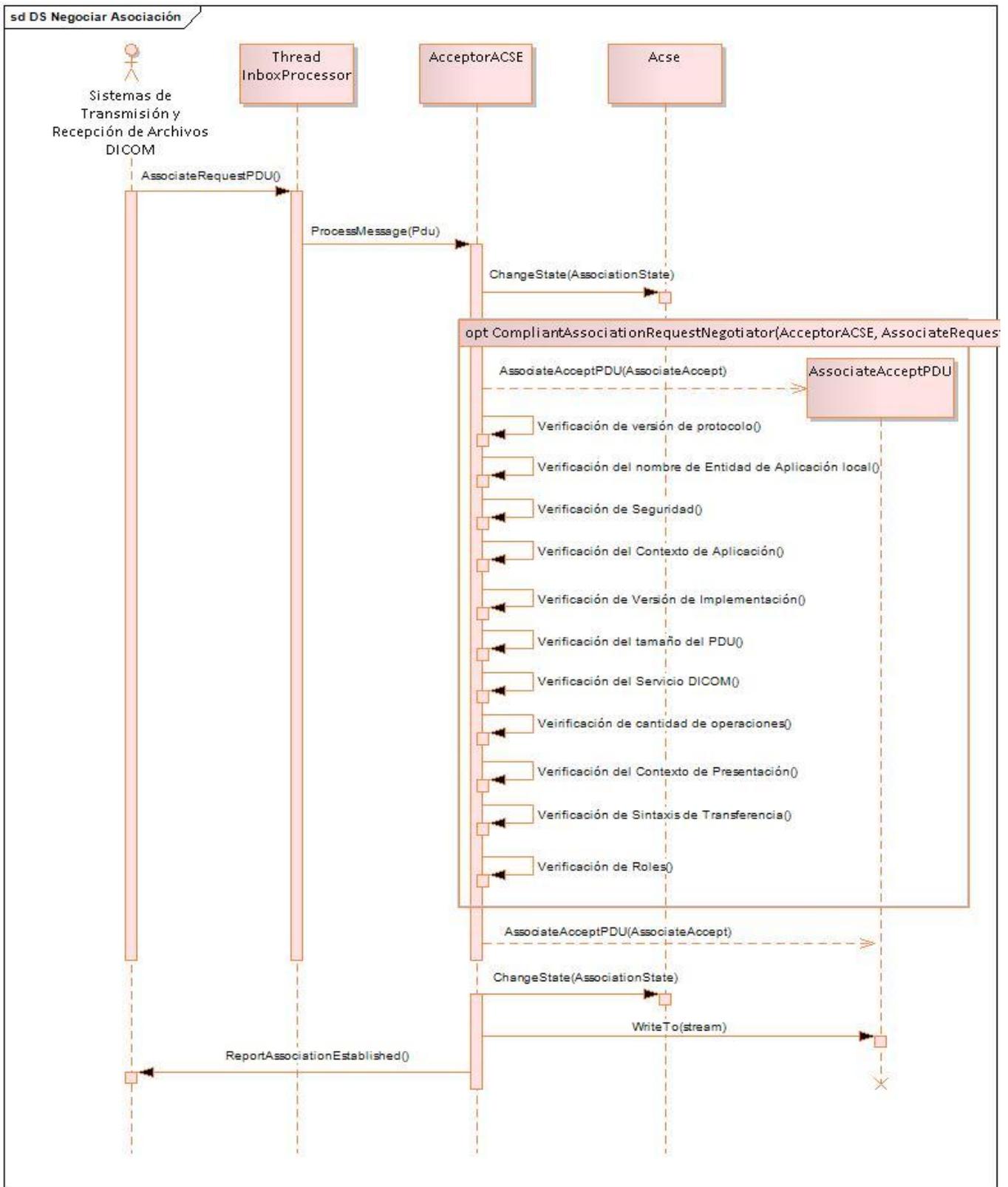


Fig. 19. Diagrama de Secuencia de Diseño del Caso de Uso Negociar Asociación

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA

Conclusiones Parciales

Con el desarrollo de este capítulo se describió el estilo arquitectónico utilizado. Adicionalmente, se realizó el diseño de la propuesta de solución, donde fueron expuestos los elementos del diseño, a través de diagramas de clases y de interacción.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La realización de la presente investigación permitió que se cumplieran las tareas propuestas y el objetivo del trabajo, lo que posibilitó arribar a las siguientes conclusiones:

- ✓ El uso del estándar DICOM 3.0 es fundamental para la transmisión y recepción de imágenes médicas.
- ✓ La utilización del estándar DICOM 3.0 posibilita la interoperabilidad entre las Entidades de Aplicación.
- ✓ El estilo arquitectónico utilizado extiende el concepto del protocolo DICOM siendo una continuidad del Modelo OSI.
- ✓ El diseño de un componente, especializado en la transmisión y recepción de imágenes médicas que facilita la futura implementación, le ahorraría a Cuba costos por concepto de licencias para el uso de bibliotecas de clases, que ayudan en la creación de sistemas informáticos.
- ✓ El diseño del componente para la transmisión y recepción de imágenes médicas permitirá que el Departamento de Software Médico Imagenológico pueda contar con una biblioteca de clases propia para soportar sus desarrollos y lograr una soberanía tecnológica.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Para darle continuidad a este trabajo, en aras de mejorar sus prestaciones y contribuir con los servicios de salud, los autores recomiendan:

- ✓ Implementar las funcionalidades que se proponen en esta investigación y ajustarse al estilo arquitectónico que se presentó.
- ✓ Integrar el componente al sistema alas PACS.
- ✓ Mantener el componente acorde al estándar DICOM 3.0 para garantizar su compatibilidad y competitividad en el mercado internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Grupo PAS. Estándar y Protocolos de Imágenes Médicas DICOM.[Online] <http://www.pas.deusto.es/recursos/DICOM.pdf>.
2. Ídem Referencia 1.
3. Ídem Referencia 1.
4. Ídem Referencia 1.
5. (TUTOR), González Lázaro Rodríguez. *Capas de Comunicación DICOM* La Habana, marzo 2010.
6. Ídem Referencia 5.
7. Álvarez, Rafael Leodán Cardero. Entrevista. La Habana, marzo 2010.
8. Ídem Referencia 7.
9. Ídem Referencia 7.
10. Ídem Referencia 7.
11. Ídem Referencia 7.
12. Ídem Referencia 7.
13. A.Clunie.Software, Dr. David. info@pixelmed.com PixelMed Publishing. *PixelMed Publishing. DICOM Structured Reportingby, tools and images*. [Online] Noviembre 22, 2000-2009. <http://www.pixelmed.com/>. LLC, ISBN 0-9701369-0-0.
14. Ídem Referencia 13.
15. Ídem Referencia 13.
16. Java Dicom Toolkit Documentation. [Online] Septiembre 2, 2009.http://www.zator.com/Cpp/E1_4_4b.htm.
17. dcm4che, a DICOM Implementation in JAVA. *dcm4che*. [Online] <http://spanish.osstrans.net/software/dcm4che.html>.
18. Ídem Referencia 17.
19. DICOM@OFFIS. DCMTK - DICOM Toolkit. [Online] Diciembre 18 ,2009. <http://dicom.offis.de/dcm4che.html>.
20. Ídem Referencia 18.
21. Medical Connection. [Online] <http://www.medicalconnections.co.uk/>.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

22. DICOM Connectivity Framework (DCF™). [Online] 2009. <http://www.laurelbridge.com/pdf/DCF-Product-Description.pdf>.
23. Ídem Referencia 22.
24. Ídem Referencia 22.
25. My DICOM. [Online] <http://www.mydicom.net/>.
26. Ídem Referencia 25.
27. LEADTOOLS The World Leader in Imaging Development SDKs. LEADTOOLS PACS Imaging SDK. [Online] <http://www.leadtools.com/sdk/medical/dicom-communication.htm>.
28. Ídem Referencia 27.
29. Ídem Referencia 27.
30. Clikear.com. [Online] <http://www.clikear.com/manuales/uml/introduccion.aspx>.
31. WordLingo. Proceso unificado ágil. [Online] http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Agile_Unified_Process.
32. Taringa. Sparx Enterprise Architect 7.5 - Instalador y Portable. [Online] http://www.taringa.net/posts/downloads/2815199/Sparx-Enterprise-Architect-7_5---Instalador-y-Portable.html.
33. Reilly O. Media, Inc., New Language características de C # 2.0, Parte 1 . *O'Reilly Windows devcenter.com*. [Online] 2010. http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=es&sl=en&u=http://ondotnet.com/pub/a/dotnet/2004/04/05/csharpwhidbeypt1.html&prev=/search%3Fq%3Dque%2Bes%2BC%2523%2B2_0%26hl%3Des%26sa%3DG&rurl=translate.google.com.cu&usg=ALkJrhg-XOjgVn3xLR5kr1hvB9qBy.
34. Taringa. Visual Studio 2008. [Online]
35. El Código K. Qué es Moma. [Online] <http://www.elcodigok.com.ar/2008/11/%C2%BFque-es-moma/>.
36. Alonso, G, Casati, F, Kuno, H, Machiraju, V. Patrones Arquitectónicos. [Online] 2004, Springer. <http://isg3.pbworks.com/Patrones+Arquitect%C3%B3nicos>. ISBN: 3-540-44008-9.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Alonso, G, Casati, F, Kuno, H, Machiraju, V. Patrones Arquitectónicos. [Online] 2004, Springer. <http://isg3.pbworks.com/Patrones+Arquitect%C3%B3nicos>. ISBN: 3-540-44008-9.
- ✓ Álvarez, Rafael Leodán Cardero. Entrevista. La Habana, marzo 2010.
- ✓ Brazzini Augusto Arméstar, M. A. (s.f.). *Boletín de la Sociedad Peruana de Medicina Interna - Vol. 9 N°1 - 1996*. Obtenido de Desarrollo de la Radiología. Centenario del descubrimiento de los Rayos X: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/spmi/v09n1/Des_Radio.htm
- ✓ *Clikear.com*. Obtenido de <http://www.clikear.com/manuales/uml/introduccion.aspx>.
- ✓ *El Código K. Qué es Moma*. Obtenido de <http://www.elcodigok.com.ar/2008/11/%C2%BFque-es-moma/>.
- ✓ Clunie. A. Software, D. D. (22 de Noviembre de 2000-2009). *info@pixelmed.com PixelMed Publishing*. Obtenido de PixelMed Publishing. DICOM Structured Reportingby, tools and images: <http://www.pixelmed.com/>
- ✓ *dcm4che, a DICOM Implementation in JAVA*. Obtenido de dcm4che: <http://spanish.osstrans.net/software/dcm4che.html>
- ✓ *dcm4che.org*. Obtenido de Open Source Clinical Image and Object Management: <http://www.dcm4che.org/>
- ✓ *DICOM Connectivity Framework (DCF™)*. (2009). Obtenido de <http://www.laurelbridge.com/pdf/DCF-Product-Description.pdf>.
- ✓ *DICOM@OFFIS. DCMTK - DICOM Toolkit*. (18 de diciembre de 2009). Obtenido de <http://dicom.offis.de/dcm4che.html>.
- ✓ Grupo PAS. *Estándar y Protocolos de Imágenes Médicas DICOM*. Obtenido de <http://www.pas.deusto.es/recursos/DICOM.pdf>.
- ✓ Herranz, F. B. Obtenido de "DESARROLLO DE APLICACIONES DICOM PARA LA GESTIÓN DE IMÁGENES BIOMÉDICAS": <http://www.elai.upm.es/spain/Investiga/GCII/personal/fballesteros/fballesteros.htm>
- ✓ *I DO IMAGING. FREE MEDICAL IMAGING SOFTWARE*. Obtenido de Platform independent Jave DICOM toolkit and utilities: <http://www.idoimaging.com/cgi-sys/cgiwrap/acrabb/imaging/program.pl?ident=176>
- ✓ *Imagenología*. (31 de mayo de 2008). Obtenido de Historia de la Imagenología: <http://imagenologiaupc.blogspot.com/2008/05/historia-de-la-imagenologa.html>
- ✓ *IMAGINIS*. Obtenido de History of Medical Diagnosis and Diagnostic Imaging : <http://www.imaginis.com/faq/history-of-medical-diagnosis-and-diagnostic-imaging>

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ *Java Dicom Toolkit Documentation*. (2 de septiembre de 2009). Obtenido de http://www.zator.com/Cpp/E1_4_4b.htm
- ✓ *LEADTOOLS The World Leader in Imaging Development SDKs. LEADTOOLS PACS Imaging SDK*. Obtenido de <http://www.leadtools.com/sdk/medical/dicom-communication.htm>.
- ✓ *Medical Connection*. Obtenido de <http://www.medicalconnections.co.uk/>
- ✓ *My DICOM*. Obtenido de <http://www.mydicom.net/>.
- ✓ *National Electrical Manufacturers Association*. (2004). Obtenido de Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), Part 7: Message Exchange.
- ✓ *openDICOM.NET the DICOM library project*. Obtenido de <http://opendicom.sourceforge.net/about.html>.
- ✓ *PICTURE ARCHIVING AND COMUNICACION SYSTEM*. Obtenido de PACS: <http://www.fic.udc.es/files/asignaturas/58IB/PACS-cas.pdf>
- ✓ *Picture Archiving and Communication System (PACS)*. (2010). Obtenido de <http://www.connectingforhealth.nhs.uk/systemsandservices/pacs>
- ✓ *Realidad Virtual en la Medicina*. Obtenido de Imagenología: http://www.angelfire.com/planet/mundosvirtuales/new_page_3.htm
- ✓ Reilly O. Media, Inc., *New Language características de C # 2.0, Parte 1* . *O'Reilly Windows devcenter.com*. [Online] 2010. http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=es&sl=en&u=http://ondotnet.com/pub/a/dotnet/2004/04/05/csharpwhidbeypt1.html&prev=/search%3Fq%3Dque%2Bes%2BC%2523%2B2.0%26hl%3Des%26sa%3DG&rurl=translate.google.com.cu&usq=ALkJrhg-XOjgVn3xLR5kr1hvB9qBy
- ✓ *RSNA*. Obtenido de DICOM. *The Value and Importance of an Imaging Standard*: <http://www.rsna.org/Technology/DICOM/index.cfm>
- ✓ *Taringa. Sparx Enterprise Architect 7.5 - Instalador y Portable*. Obtenido de http://www.taringa.net/posts/downloads/2815199/Sparx-Enterprise-Architect-7_5---Instalador-y-Portable.html.
- ✓ *Taringa. Visual Studio 2008*.
- ✓ (TUTOR), González Lázaro Rodríguez. *Capas de Comunicación DICOM* La Habana, marzo 2010.
- ✓ *WordLingo. Proceso unificado ágil*. Obtenido de http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Agile_Unified_Process.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

TÉRMINO	DEFINICIÓN
alas PACS	Sistema que tiene como objetivo gestionar el procesamiento, almacenamiento, visualización y transmisión de las imágenes médicas conforme al estándar DICOM.
Biblioteca de clases	Es un conjunto de clases que brindan funcionalidades para resolver problemas específicos.
Componente	Son todos aquellos recursos desarrollado para un fin concreto y que puede formar solo o junto con otro/s, un entorno funcional requerido por cualquier proceso predefinido.
Departamento SWMI	Departamento de Software Médico Imagenológico.
Diagnóstico médico	En la Medicina, un diagnóstico es el acto de conocer la naturaleza de una enfermedad a través de la observación de sus síntomas y signos. También, es el nombre que recibe la calificación que da el médico a la enfermedad según los signos que advierte.
DICOM	Estándar de Imagen Digital y Comunicación en la Medicina.
Diseño	El proceso de aplicar distintas técnicas y principios con el propósito de definir un producto con los suficientes detalles como para permitir su realización física.
Entidad de Aplicación	Son sistemas que poseen varias funcionalidades que permiten la gestión de imágenes médicas.
PACS	Sistemas para la Comunicación y Almacenamiento de Imágenes Médicas.
Servicios DICOM	Son un conjunto de operaciones y notificaciones que permiten realizar varias acciones como la transmisión y recepción de imágenes médicas.
Transmisión	Constituye el canal que permite la transmisión de información y comunicación entre dos Entidades de Aplicación.