

# Platform SOA-Based Integration of Health Profiles

Yovannys Sánchez Corales, MSc.<sup>1</sup>, Froilán Domínguez González, Ing.<sup>1</sup>, Alfredo José Chiong Zaldívar, Ing.<sup>1</sup>, Yoenny Pérez Romero, MSc.<sup>1</sup>, and Adriana Gondres Cobas, Ing.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, yovanotti2004@gmail.com, fdgonzalez@uci.cu, chiong@uci.cu, yoenny@uci.cu, agondres2015@gmail.com

*Abstract— Clinical information systems framed in the field of health standards and best practices used integration as HL7 and IHE to share documents related to the EHR; as well as manage and consult information related to the identity of patients using the XDS, PIX and PDQ profiles respectively. The research focuses on developing a communication platform SOA including health integration profiles XDS, PIX and PDQ belonging to the area of IT Infrastructure, also a repository for clinical documents and records for the corresponding metadata. WSO2 suite tools were used to support the various services; NetBeans, Maven and Jmeter to implement and test them. For data persistence PostgreSQL is chosen. An interoperability platform that supports the proposal and interacting with a hospital information system was developed. Is checked correct operation of the component with international validator Gazelle and monitoring tools which showed a yield of 136.7 to 4000 requests per second connections are used. The average time is 1.71 seconds.*

*Keywords— Electronic Health Record, Patient ID, Service Oriented Architecture.*

**Digital Object Identifier (DOI):** <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.274>

**ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6

**ISSN:** 2414-6668

**13<sup>th</sup> LACCEI Annual International Conference:** “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”  
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic **ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6 **ISSN:** 2414-6668  
**DOI:** <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.274>

# Plataforma SOA basada en perfiles de integración sanitarios

Yovannys Sánchez Corales, MSc.<sup>1</sup>, Froilán Domínguez González, Ing.<sup>2</sup>, Alfredo José Chiong Zaldívar, Ing.<sup>3</sup>, Yoenny Pérez Romero, MSc.<sup>4</sup>, Adriana Gondres Cobas, Ing.<sup>5</sup>  
Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, yovanotti2004@gmail.com, fdgonzalez@uci.cu, chiong@uci.cu, yoenny@uci.cu, agondres2015@gmail.com

**Abstract**– *Clinical information systems framed in the field of health standards and best practices used integration as HL7 and IHE to share documents related to the EHR; as well as manage and consult information related to the identity of patients using the XDS, PIX and PDQ profiles respectively. The research focuses on developing a communication platform SOA including health integration profiles XDS, PIX and PDQ belonging to the area of IT Infrastructure, also a repository for clinical documents and records for the corresponding metadata. WSO2 suite tools were used to support the various services; NetBeans, Maven and Jmeter to implement and test them. For data persistence PostgreSQL is chosen. An interoperability platform that supports the proposal and interacting with a hospital information system was developed. Is checked correct operation of the component with international validator Gazelle and monitoring tools which showed a yield of 136.7 to 4000 requests per second connections are used. The average time is 1.71 seconds.*

**Keywords**-- *Electronic Health Record, Patient ID, Service Oriented Architecture.*

## I. INTRODUCCIÓN

En nuestros días la informática tiene un auge acelerado en el campo de la medicina, la cual sirve como base para el conocimiento científico técnico en aras de obtener beneficio de los servicios y atención de la salud. Esto ha hecho que se creen diversos sistemas informáticos para gestionar la información que se maneja en las diferentes áreas de las instituciones hospitalarias, los cuales tienen como componente esencial la Historia Clínica Electrónica (HCE) [1] para su funcionamiento. Con el objetivo de integrar la información generada en los sistemas antes mencionados, así como lograr una correcta interoperabilidad surgen los estándares de comunicación. Uno de los desafíos a enfrentar por el equipo de desarrollo es la falta de interoperabilidad entre la gran cantidad de tecnologías existentes al implementar la HCE [2].

El intercambio se logra a partir de protocolos como el Protocolo de Acceso Simple a Objetos (*por sus siglas en inglés SOAP*) diseñado para el intercambio de información en un entorno computacional distribuido a través de servicios web. Otro de los estándares más utilizados para la arquitectura y gestión de documentos clínicos así como la comunicación de sistemas de salud es (*Health Level Seven - HL7*) [3]. En la actualidad la tendencia es la implementación

de un nuevo estándar denominado (*Fast Healthcare Interoperability Resources - FHIR*) [4], pues constituye la nueva propuesta de especificación de estándares HL7 para el intercambio electrónico de información en salud.

Los estándares antes mencionados por si solos no garantizan la comunicación, la confidencialidad, la seguridad ni definen los procesos de integración entre sistemas. Con el objetivo de normar su aplicación surge la Iniciativa de Integración de Sistemas Sanitarios (*Integrating the Healthcare Enterprise - IHE*) [5], la cual establece dominios de integración que a su vez definen perfiles de integración que contienen elementos necesarios para lograr una correcta interoperabilidad entre los Sistemas de Información Clínicos.

Una elección correcta de una arquitectura influye mucho para lograr la interoperabilidad antes mencionada. La Arquitectura Orientada a Servicios puede ser una alternativa adecuada en este tipo de sistema.

Aunque *IHE* especifica la información que debe ser intercambiada entre sistemas y las acciones que deben realizar al recibir la información, los perfiles no limitan cómo deben diseñarse estos sistemas para facilitar su uso y por tanto no es simple alcanzar una buena integración. Existen algunos trabajos relacionados con la comunicación de sistemas de salud basados en las prácticas definidas por *IHE* tales como: *Inter System Share* [6], *MatchMetrix* [7], *Open eHealth* [8], la Propuesta de aplicación de los perfiles de integración de *IHE* entre los sistemas alas PACS - alas RIS - alas HIS [9], el Modelo de Producción de Software para el Centro de Informática Médica (CESIM) [10], entre otros, pero algunas de estas soluciones son privativas o comerciales, otras por su robustez pueden implicar altos costos o constituyen soluciones a la medida. Es por ello que el objetivo de este trabajo es proponer una plataforma de comunicación SOA que implemente los perfiles de integración sanitarios *XDS*, *PIX* y *PDQ* del área de Infraestructura TI.

## II. MARCO TÉCNICO DE INFRAESTRUCTURA. PERFILES DE INTEGRACIÓN

Los Marcos Técnicos de Trabajo (*Technical Frameworks*) de *IHE* constituyen un grupo detallado de documentos que guían a los desarrolladores e integradores de sistemas de información en la implementación de las capacidades

establecidas. Uno de los marcos de trabajo es el de Infraestructura (*Infrastructure Technical Framework*) el cual identifica un subconjunto de componentes funcionales llamados actores *IHE*, y especifica sus interacciones en términos de un conjunto de coordinadas transacciones basadas en estándares. La definición *IHE* de un actor no debe tomarse como la definición completa de cualquier sistema. Los actores y transacciones son abstracciones en un entorno sanitario. Algunas de las transacciones son tradicionalmente realizadas por los siguientes actores: Sistemas de Información Hospitalaria, Repositorio de HCE, Sistemas de Información Radiológica, Sistemas de Información Clínica o Información Cardiológica, entre otros.

Con el objetivo de organizar la información gestionada por sistemas de información clínicos, *IHE* define dominios que pueden ser clínicos u operacionales. Un dominio puede ser una organización o un conjunto de organizaciones prestadoras de servicios de salud. En cada dominio los usuarios y proveedores de sistemas de salud identifican las necesidades de integración e intercambio para ese dominio según la experiencia clínica y se incluye además una comisión técnica cuya principal tarea es desarrollar y documentar las distintas soluciones acorde a las necesidades (conocidas como perfiles de integración). Actualmente *IHE* tiene definido 12 dominios identificados entre los que se encuentra *IT Infrastructure*, dicho dominio define en sus perfiles las buenas prácticas para el intercambio de documentos clínicos entre sistemas de salud.

El dominio de TI define 21 perfiles en los cuales se encuentran: *Patient Identifier Cross-referencing (PIX)*, *Patient Demographics Query (PDQ)* y *Cross-Enterprise Document Sharing (XDS)* cada uno detallados en sus respectivos marcos técnicos disponibles en el sitio web oficial de *IHE*. El perfil *PIX* incluye un Administrador de Referencias Cruzadas (ARC) y soporta la creación de un *Master Person Index (MPI)* para la identificación única de pacientes mediante un repositorio compartido, así como la referencias cruzadas de los identificadores en múltiples dominios. Estas referencias son enviadas por fuentes de identificación de pacientes y utilizadas por sistemas “consumidor de identidades” para relacionar información acerca de un paciente. *PDQ* permite consultar dicha información (demográfica) basada en criterios de búsqueda definidos por el usuario, en ocasiones se fusionan los perfiles *PIX/PDQ* por la estrecha relación que tienen. Por su parte *XDS* permite a las unidades que prestan asistencia sanitaria, pertenecer a un dominio de afinidad *XDS* (por ejemplo, una red de hospitales, el sistema de salud de una nación) y de esta forma colaborar en el cuidado de un paciente mediante el intercambio de HCE.

### III. ARQUITECTURA ORIENTADA A SERVICIOS. WSO2

De acuerdo con [11, 12, 13], la Arquitectura Orientada a Servicios (*SOA*) es un paradigma de arquitectura que facilita la reutilización de componentes de *software*, al organizar funciones discretas contenidas en aplicaciones, en servicios descubribles, autónomos, interoperables y basados en estándares que pueden combinarse fácilmente para cumplir con la necesidades de la organización, basado en la invocación de funciones sin estado llamadas servicios. La forma más habitual de conseguir esto es mediante el uso de servicios web.

En [14] se plantea que al abordar un proyecto *SOA*, el desafío radica en cómo definir y estructurar sus niveles. Estos niveles están relacionados directamente con los tipos de servicios que se incluirán. El nivel “*Fundamental SOA*” se compone de dos capas de abstracción: aplicación frontal y servicios básicos. El nivel de “*Networked SOA*” agrega la capa de abstracción de servicios intermediarios que pueden incluir servicios del tipo *facades*, *technology gateways*, *adapters* y *functionality-adding*. El nivel de “*Process-Enabled SOA*” es el más completo, pues los procesos de la Organización se modelan en servicios orientados a procesos que mantienen además el estado. En este nivel se conjuntan el enfoque *SOA* con el de *Business Process Management (BPM)*, constituyendo el ideal del modelado de procesos de la organización y su informatización independiente de la tecnología.

Al analizar la interrelación de los componentes en base a una clasificación funcional de un sistema de información clínico según [15], tal y como se muestra en la figura 1, se aprecia que la adopción de un enfoque *SOA* se ajusta la implementación de este tipo de sistema, pues cada uno de los componentes pudiera comportarse como un servicio de acuerdo a las necesidades y lograr por tanto una adecuada articulación entre ellos.

En la figura 1 se destaca el componente de interoperabilidad (*color amarillo*), el cual muestra una marcada relación con el resto de los componentes en materia de intercambio y utilización de la información. La interoperabilidad que ofrece este componente puede ser sintáctica (operativa y funcional) o semántica.

Los sistemas información clínicos modernos incluyen todos los componentes con el objetivo de centrar la información e integrarla longitudinalmente. Es por ello que la adopción de *SOA* en salud se hace cada vez más habitual, los siguientes trabajos [16, 17, 18, 19] evidencian lo antes planteado.

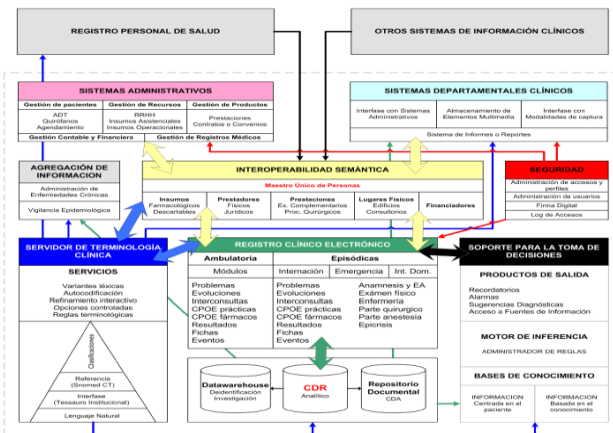


Fig. 1 Interrelación de los componentes de un sistema de información clínico [15].

Por su parte el conjunto de herramientas WSO2 (*suite*) por facilidad, esquema desacoplado y su condición de *Open Source* cada vez más alcanza gran popularidad para soluciones con arquitectura *SOA* incluyendo sistemas de información clínicos. WSO2 provee una *SOA* para desarrollos profesionales y es favorecida en comparación con otras suites *Open Sources* como se muestra en la figura 2. Su flexibilidad y generalidad hace se escogida por entidades de sanitarias para desarrollar sus sistemas o como parte de ellos [20, 21].

JBOSS 5.2.0 Mule CE 3.2.0 Mule EE 3.2.0 WSO2 4.0.2

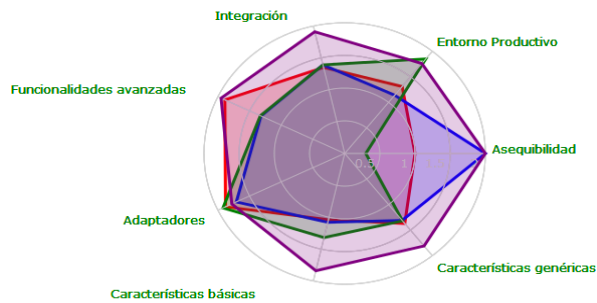


Fig. 2 Comparación wso2 con otras suites *Open Sources*.

#### IV. PLATAFORMA SOA BASADA EN LOS PERFILES XDS, PIX Y PDQ

La plataforma SOA propuesta se enmarca en el nivel de “*Networked SOA*” pues incluye servicios de tipo *proxy* que actúan como intermediarios a los demás servicios. Se compone de las capas (datos, servicios, integración, Administración y presentación). La Administración se realiza en áreas como seguridad, desempeño, y disponibilidad, también se le conoce como gobierno SOA [22]. Se estructura de los siguientes componentes tal y como se muestra en la siguiente figura:

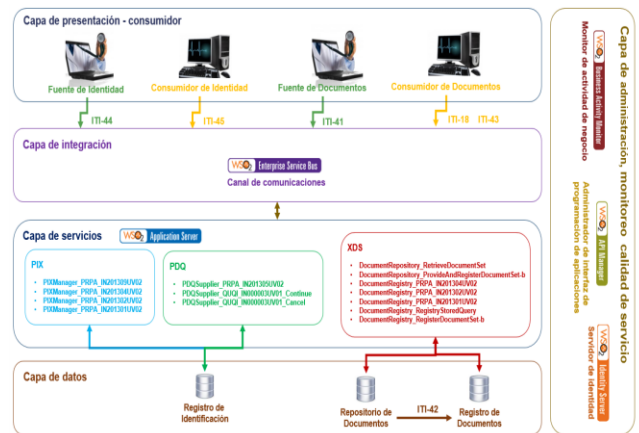


Fig. 3 Plataforma SOA basada en perfiles de integración sanitarios.

Los servicios y capas incluidos en la investigación se describen a continuación:

- Servicios web de tipo *Apache CXF* que brindan las funcionalidades correspondientes a los perfiles *XDS*, *PIX* y *PDQ*. Utilizan *Hibernate* como motor de persistencia para facilitar su construcción. Dichos servicios web son gestionados por el *WSO2AS* enmarcados en la capa de Servicios.
- Un canal de comunicaciones *WSO2ESB* que incluye servicios web de tipo *proxys* para enrutar las peticiones hechas desde la capa de presentación-consumidor hacia la capa de servicios. Estos servicios son ubicados en la capa de Integración.
- Un registro para almacenar los metadatos (básicamente demográficos) de los documentos clínicos siguiendo la especificación de *OASIS ebXML RegRep 3.0* [23]. Recibe en un mensaje los metadatos que están en la especificación *ebXML* y junto a éstos, el contenido del documento codificado en base64. Se ubica en la capa de Datos.
- Un repositorio de HCE que para registrar los documentos clínicos. Envía los metadatos al registro y almacena físicamente cada documento codificado en base64. Se ubica en la capa de Datos.
- Un registro para los datos demográficos y de identificación de los pacientes. El registro es gestionado por un *ARC* que asigna una identificación única que agrupa la identificación de todos los sistemas que operan en un dominio de integración. Utiliza un modelo de datos basado en estructura que contiene el diseño de perfil *PIX* propuesto por *IHE*.
- Un servidor de identidades *WSO2IS* para la seguridad de los servicios web de tipo *proxy*.

- API correspondiente al servicio *PIX* realizada con *WSO2AM*.

Los diferentes sistemas de información clínicos (HIS, RIS, entre otros) interactúan con la plataforma propuesta asumiendo los roles de fuente y consumidor (actores principales) tanto en los procesos de identificación de pacientes como en los relacionados con los documentos clínicos. A través del *WSO2BAM* se monitoriza el consumo de los servicios ubicados en las distintas capas.

El *API* es ubicado en la capa de Administración, Monitoreo y Calidad, en aras de flexibilizar dicho servicio en la plataforma propuesta, o sea, se puede ofrecer el servicio *PIX* de manera independiente y desde la plataforma de gestiona, monitoriza y autoriza el consumo de dicha API.

El *MPI* que incorpora la plataforma en el servicio *PIX* utiliza para su funcionamiento el algoritmo de *Levenshtein* [24] en su variante ponderada, para facilitar la detección de duplicidad en los datos correspondiente a la identidad de los pacientes. La ponderación en el algoritmo brinda flexibilidad en relación a los errores ortográficos cometidos.

El servicio *PIX* se integra con el de *XDS*, pues al registrar o actualizar un paciente se notifica al registro de documentos clínicos para que éste valide si dicho paciente tiene un documento asociado. En caso de no tenerlo se crea un documento y se asocia. Durante la fusión de datos se notifica al registro para que éste conozca cual será el documento base para la fusión.

Aunque la plataforma propuesta ofrece de manera opcional un repositorio de HCE así como su registro correspondiente en aras de reducir costos como de implementación y tiempo, también se puede configurar los siguientes escenarios *XDS* descritos en los marcos técnicos:

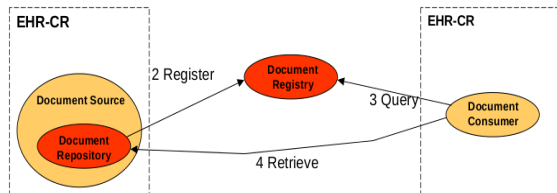


Fig. 4 Escenario1: Repositorio en la fuente de documentos.

En el escenario 1, la fuente de documentos es responsable del desarrollo del repositorio de documentos. La plataforma propuesta ofrece el registro y el consumidor consulta los documentos.

El escenario 2 es el que implementa la plataforma por defecto. Tanto la fuente como el consumidor de documentos, interactúan directamente con la plataforma.

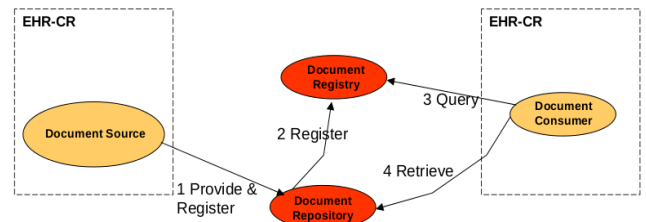


Fig. 5 Escenario2: Repositorio y registro común para la fuente y consumidor de documentos.

Al igual que el perfil *XDS*, *PIX* ofrece dos escenarios de implementación los cuales no son abordados en este trabajo debido a que constituyen variantes a seguir por la fuente de identificación de documentos, por lo tanto no son incluidos en la plataforma propuesta.

#### A. Operaciones y transacciones del servicio *PIX*

El ARC ejecuta la lógica de referencias cruzadas en los mensajes recibidos de la fuente de identificación de pacientes. La transacción *Patient Identity Feed (ITI 44)* incluye una corroboración de los datos demográficos después de establecer la identidad de un paciente. Posee dos escenarios de ejecución:

##### Transacción *Patient Identity Feed*: Escenario 1

En este escenario ocurren algunos de los siguientes eventos en uno de los actores:

- Admisión de un paciente en un centro hospitalario.
- El registro de un ambulatorio.
- Pre-admisión de un paciente (el registro de la información del paciente antes del ingreso real).
- Actualización de información del paciente.

La transacción *Patient Identity Feed* se lleva a cabo por el mensaje *PRPA\_IN201301UV02*, cada uno de estos mensajes son reconocidos por el mensaje *MCCI\_IN000002UV01* enviado por el receptor a su remitente.

```
<id root="22a0f9e0-4454-11dc-a6be-3603d6866807"/>
<creationTime value="20070803130624"/>
<interactionId root="2.16.840.1.113883.1.6" extension="PRPA_IN201301UV02"/>
<processingCode code="R"/>
<processingModeCode code="R"/>
<acceptAckCode code="AL"/>
<receiver typeCode="RCV">
  <device classCode="DEV" determinerCode="INSTANCE">
    <id root="1.2.840.114350.1.13.99999.4567"/>
    <telecom value="https://example.org/PatientFeed"/>
  </device>
</receiver>
<sender typeCode="SND">
  <device classCode="DEV" determinerCode="INSTANCE">
    <id root="1.2.840.114350.1.13.99998.8734"/>
  </device>
</sender>
```

Fig.

##### 6. Segmento común del mensaje *PRPA\_IN201301UV02*.

El anterior segmento es común para todos los mensajes tales como: *PRPA\_IN201301UV02*, *PRPA\_IN201304UV02*, *PRPA\_IN201309UV02* y *PRPA\_IN201310UV02* enviados durante la comunicación entre la fuente y el consumidor de identidad con el ARC.

##### Transacción *Patient Identity Feed*: Escenario 2

En este escenario la fuente de identificación de pacientes inicia la transacción cuando se fusionan los datos de un paciente determinado. La información es enviada mediante el mensaje *PRPA\_IN201304UV02* que a diferencia del mensaje *PRPA\_IN201301UV02*, incluye un segmento *replacementOf*

en la etiqueta *registrationEvent*. El consumidor de identidad consulta al ARC para obtener una lista de los identificadores de un paciente determinado mediante la transacción *PIX Query (ITI-45)* y de esta manera se obtienen los datos del mismo.

### B. Operaciones y transacciones del servicio XDS

La fuente de documentos intercambia información con el repositorio de HCE mediante la transacción *ProvideAndRegisterDocumentSet (ITI-41)* con el fin de enviar un documento y sus metadatos para que sea registrado. El mensaje de petición que envía la fuente de documentos es *ProvideAndRegisterDocumentSetRequest*. Cuando el repositorio de HCE recibe un mensaje de este tipo, se almacena el documento físico con la información contenida dentro de la etiqueta *Document* y envía los metadatos hacia el registro mediante la transacción *RegistrarDocumentSet*.

El repositorio de HCE intercambia información con la fuente de documentos mediante la transacción *ProvideAndRegisterDocumentSet* y con el registro mediante la transacción *RegistrarDocumentSet (ITI-42)*. Cuando el repositorio de HCE recibe una petición proveniente del actor fuente de documentos con el fin de registrar una colección de documentos, dicho repositorio almacena físicamente el documento y envía un mensaje de petición al registro de documentos para el almacenamiento de los metadatos recibidos desde la fuente.

Luego de realizar la petición antes descrita al registro, el repositorio espera la respuesta que contiene el estado de la transacción. Adicionalmente, si el registro encontró errores el mensaje se forma por la etiqueta *RegistryResponse*.

El mensaje de respuesta contiene una definición *RetrieveDocumentSetResponse (ITI-43)* a la transacción *RetrieveDocumentSet*. Contiene la etiqueta *RegistryResponse* que permite saber el estado de la transacción y una colección de etiquetas *DocumentResponse* que representan los documentos que forman parte de la respuesta correspondiente a la recuperación de los documentos. Cada definición *DocumentResponse* contiene las cuatro etiquetas siguientes:

- *RepositoryUniqueId*: representa el identificador del repositorio del cual se recupera el documento.
- *DocumentUniqueId*: representa el campo *uniqueId* del documento que se recupera.
- *MimeType*: representa el tipo de archivo o extensión del archivo que se recupera.
- *Document*: representa la información en una secuencia de bytes del archivo que se recupera.

El consumidor de documentos intercambia información mediante las transacciones *RegistryStoredQuery (ITI-18)* y *RetrieveDocumentSet* con el fin de recuperar los documentos clínicos que están almacenados en el repositorio de HCE. Además se comunica con el registro mediante la transacción *RegistryStoredQuery* donde se especifica cuál de las 14

posibles consulta se desea ejecutar así como los parámetros necesarios para realizar la búsqueda de los documentos. A continuación se muestra la tabla donde se relacionan las consultas con el identificador de cada consulta:

TABLA I  
CONSULTAS A EJECUTAR EN EL REGISTRO DE DOCUMENTOS

Consulta	Identificador
FindDocuments	urn:uuid:14d4debf-8f97-4251-9a74-a90016b0af0d
FindSubmissionSets	urn:uuid:f26abcb-ac74-4422-8a30-edb644bbc1a9
FindFolders	urn:uuid:958f3006-baad-4929-a4deff1114824431
GetAll'	urn:uuid:10b545ea-725c-446d-9b95-8aeb444eddf3
GetDocuments	urn:uuid:5c4f972b-d56b-40ac-a5fcc8ca9b40b9d4
GetFolders	urn:uuid:5737b14c-8a1a-4539-b659-03a34a5e1e4
GetAssociations	urn:uuid:a7ae438b-4bc2-4642-93e9-be891f7bb155
GetDocumentsAndAssociations	urn:uuid:bab9529a-4a10-40b3-a01ff68a615d247a
GetSubmissionSets	urn:uuid:51224314-5390-4169-9b91-1980040715a
GetSubmissionSetAndContents	urn:uuid:e8e3cb2c-e39c-46b9-99e4-c12f57260b83
GetFolderAndContents	urn:uuid:b909a503-523d-4517-8acf-8e5834dfc4c7
GetFoldersForDocument	urn:uuid:10cae35a-c7f9-4cf5-b61efc3278ffb578
GetRelatedDocuments	urn:uuid:d90e5407-b356-4d91-a89f-73917b4b0e6
FindDocumentsByReferenceId	urn:uuid:12941a89-e02e-4be5-967cce4bfc8fe492

### C. Operaciones y transacciones del servicio PDQ

La consulta a los datos demográficos relacionados con el paciente se realiza a través de la transacción *Patient Demographics Query (ITI-47)*, la cual se inicia cuando el consumidor envía el mensaje *Patient Registry Find Candidates Query (PRPA\_IN201305UV02)* a la fuente de datos demográficos (coincide con la base de datos *PIX*) y éste le devuelve todos los registros de personas que coincidan con la información enviada en los parámetros de la consulta. Cuando la fuente de datos demográficos de paciente recibe el mensaje, devuelve inmediatamente el mensaje *Patient Registry Find Candidates Query Response (PRPA\_IN201306UV02)* con la lista de los datos de los pacientes que cumplen con los criterios establecidos.

### D. Seguridad de la plataforma SOA propuesta

La capa de servicios e integración implementan la autenticación de tipo *username tokens*. Particularmente la capa de servicios chequea las credenciales desde la lógica de negocios en una base de datos que almacena los usuarios válidos. Los servicios web de tipo *proxys* comprueban la seguridad de grano fino en las reglas de tipo *eXtensible Access Control Markup Language (XACML)* ubicadas en el gestor de identidades. La interacción con el Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) es por *MD5*. El protocolo de acceso a los *endpoints* y *wsls* de los servicios es *https*.

### V. HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para la realización de este trabajo, se utilizaron herramientas que se describen a continuación: *Apache CXF*

para la implementación de los servicios web utilizando el API JAX-WS. Soporta además los perfiles WS-I, WSDL, WS-Addressing, WS-Policy, WS-ReliableMessaging, WS-Security, WS-SecurityPolicy, WS-SecureConversation y WS-Trust.

Pertencientes a la suite WSO2, las herramientas: el servidor de aplicaciones (WSO2AS 5.2.1) para el despliegue de los servicios que soportan los perfiles de integración XDS, PIX y PDQ; el canal de servicios empresariales (WSO2ESB 4.7.0) como middleware intermedio de comunicaciones con el resto de las herramientas a través de servicios de tipo proxy; el servidor de identidades (WSO2IS 5.0) para gestionar las políticas de acceso basadas en XACML; el monitor de actividades (WSO2BAM 2.4.1) para supervisar el correcto funcionamiento de la plataforma propuesta y para la creación, gestión y publicación de APIs (WSO2AM).

NetBeans 7 como IDE de desarrollo. Maven 3.0 para generar código fuente, compilar y generar ejecutables a partir del diseño de los servicios web. Posee una fácil integración con Netbeans. Todas las anteriores herramientas se sustentan en la plataforma JEE 7 y el Object Relational Mapping (ORM) Hibernate para la persistencia de los datos. Como SGBD se utiliza PostgreSQL 9.1.

#### V. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Se desarrolló un componente de interoperabilidad que sustenta la plataforma propuesta en clases implementadas y empaquetadas obtenidas a partir del mapeo de los diseños de los servicios publicados en el sitio oficial de IHE. Además se pueden configurar elementos como:

- Direcciones físicas del Registro y Repositorio de HCE; los endpoints y diseños correspondientes a los servicios web de los perfiles PIX, XDS y PDQ; archivos de mapeo de Hibernate y el acceso al SGBD.
- Soporte al servicio web de terminologías Apelon y al perfil SVS (Share Value Set).

Para comprobar las funcionalidades de búsqueda y obtención de documentos clínicos así como los metadatos incluidos, se interconectó el componente de interoperabilidad con los módulos Admisión y Visor de Historia Clínica de un Sistema de Información Hospitalaria que sigue un flujo como se muestra en la figura 7.

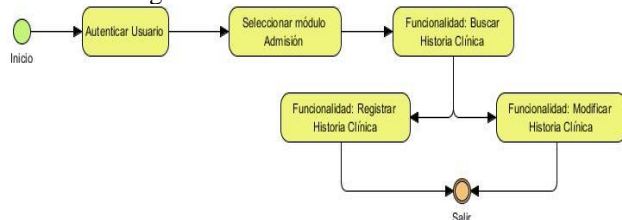


Fig. 7. Flujo para el registro y modificación de HCE.

En el módulo Admisión se adicionan (alta) y modifican los datos demográficos de los pacientes para crear de esta manera la sección frontal de la HCE. Desde el Visor de

Historia Clínica se consultan todos los documentos clínicos de los pacientes.

El análisis de rentabilidad y las pruebas de carga es realizado mediante la herramienta Jmeter. La comprobación del flujo que siguen los mensajes de los servicios invocados por los diversos actores es con la herramienta Soap Tracer. El consumo de recursos de software, tiempo estimado, entre otros, se realizó con la herramienta WSO2BAM. Para las pruebas unitarias y de interoperabilidad se utiliza el validador internacional Gazelle [25].

A continuación se visualiza en la figura 8 la ejecución de la funcionalidad “Registrar Historia Clínica” del módulo de Admisión así como la interacción con el servicio XDS registrado en la herramienta Soap Tracer en la figura 9:

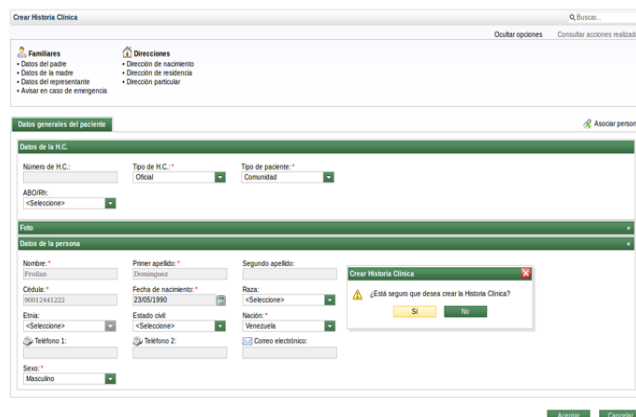


Fig. 8. Flujo para el registro y modificación de HCE.

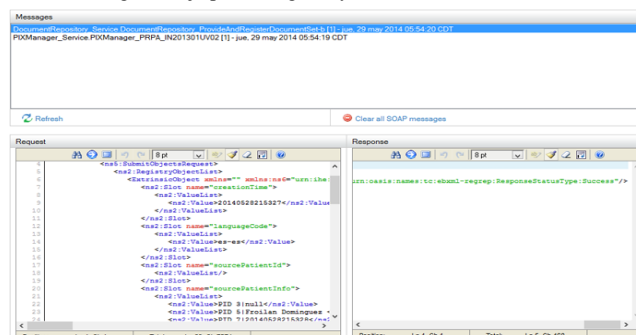


Fig. 9. Alternativa “Registrar HCE” del módulo Admisión registrada en la herramienta Soap Tracer.

Se muestra además en la figura 10 un fragmento del log de la consola de ejecución durante la obtención de los documentos de un paciente determinado. Se invocan los identificadores de las consultas FindDocuments y GetDocuments detalladas en la tabla 1 para exponer dos de los metadatos (tipo de documento e identificador del paciente) de los documentos pertenecientes a un paciente encontrados en el registro.

```

Seleccionando la consulta a ejecutar:
urn:uuid:14d4defb-8f97-4251-9a74-a90016b0af0d
Identificador del paciente:
2.16.840.1.113883.3.299.1.1001000000000000933.3.1.1001000000003274055^^^&am
Enviando solicitud al registro
Se encontraron 1 documentos
Documento encontrado con identificador: urn:uuid:3cd6d0b2-bea1-45cf-9897-0715b6eb8a09
Seleccionando la consulta a ejecutar:
urn:uuid:5c4f972b-d56b-40ac-a5fcc8ca9b40b9d4
Identificador del documento:
urn:uuid:3cd6d0b2-bea1-45cf-9897-0715b6eb8a09
Enviando solicitud al registro
Metadatos del documento con identificador urn:uuid:3cd6d0b2-bea1-45cf-9897-0715b6eb8a
Tipo: CDAR2/IHE 1.0
Paciente: 2.16.840.1.113883.3.299.1.1001000000000000933.3.1.1001000000003274055^^^&am

```

Fig. 10. Recuperación de los documentos de un paciente y sus metadatos.

Se implementaron las clases *XDSRepositoryConsumer*, *XDSRegistryConsumer* y *PIXConsumer* que ofrecen las funcionalidades generales de interacción con los servicios correspondientes como parte de las modificaciones en el módulo *Admisión* tal y como se muestra en las figuras 11, 12 y 13.

```

try {
    xdsRepositoryConsumer.insertDocument(doc, class, signedFilePath);
} catch (Exception e) {
    e.printStackTrace();
}

```

Fig. 11. Adicionando un documento de admisión al repositorio y registro.

Para el caso de insertar un paciente definido en el servicio *PIX* se modificó el método *persistir* de la clase *CrearHC* y se notifica al ARC.

```

//Notificando a servidor de referencias cruzadas
try {
    pixConsumer.PRPA_IN201301UV02(persona);
} catch (Exception e) {
    System.err.println(e.getMessage());
    System.err.println("-----");
    e.printStackTrace();
}

```

Fig. 12. Identificación única durante el proceso de alta de un paciente. Notificación al ARC.

```

//Notificando al Administrador de referencias cruzadas
try {
    pixConsumer.PRPA_IN201302UV02(persona);
} catch (Exception e) {
    System.err.println(e.getMessage());
    System.err.println("-----");
    e.printStackTrace();
}

```

Fig. 13. Notificación al ARC durante el proceso de modificación de un paciente.

El *MPI* publicado como API (figura 14) y configurado en las conexiones como *Unlimited* (conexiones ilimitadas) utiliza una clave de consumidor y una clave secreta (*Consumer Key* y *Consumer Secret*) que siguen la especificación *Oauth2*.

	Contexto	API
	URL de producción	http://10.56.5.10:9764/XA/IA-IHE-ITI-PIX-Manager-1.0.0/services/pimmanager_servicio
	Sandbox URL	http://10.56.5.10:9764/XA/IA-IHE-ITI-PIX-Manager-1.0.0/services/pimmanager_servicio
	Fecha de última actualización	17/3/2015 16:34:09
	Nivel Disponibilidad	Unlimited
	Equipo técnico	Grupo de Prabajo Plataforma de Integración SOA {rovanotf2004@gmail.com}

Fig. 14 API online correspondiente al *MPI* que ofrece *PIX*.

Se muestra además en la figura 15 un fragmento de la consola que registra el alta de un paciente generando el correspondiente identificador (*UID*). El *MPI* ha encontrado algunos pacientes con información similar. La fuente de

identificación es responsable de seleccionar cual paciente elegir o fusionar sus datos.

```

>>>>>>>Conectando el servidor de Referencias Cruzadas PIX
Servicio iniciado con éxito
Existen 10 posibles pacientes duplicados

```

```

Se ha dado alta a un nuevo paciente con el identificador: 75a8fed8-25c3-4be6-ae67-80f5a6559fe9

```

Fig. 15 Fragmento de la consola de registro de alta de un paciente, *MPI* y notificación al ARC.

Las pruebas de interoperabilidad con la herramienta *Gazelle* arrojaron resultados satisfactorios. A continuación se muestra en la siguiente figura el resultado de la validación basada en el modelo, como la petición *SOAP* del mensaje *RetrieveDocumentSetRequest* correspondiente a la transacción *RetrieveDocumentSet (ITI-43)*. *Gazelle* provee una dirección permanente (*URL*) para acceder y revisar detalladamente al informe completo por cada una de las transacciones validadas.

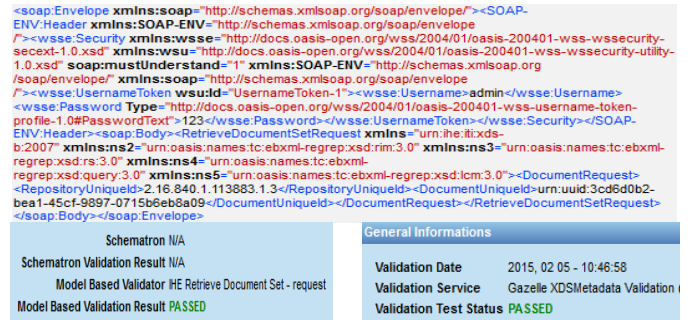


Fig. 16. Fragmentos del informe general correspondiente a la validación del mensaje *RetrieveDocumentSetRequest* ofrecido por *Gazelle*.

Asimismo son validados en *Gazelle* los mensajes de respuesta (*Response*) a transacciones como: *Registry Stored Query (ITI-18)*, *Retrieve Document Set (ITI-43)*, *Registrar Document Set – b (ITI-42)*, *Provide & Register Document Set – b (ITI-41)*, *PIX Query (ITI-45)*, *Patient Identity Feed (ITI-44)* y *Patient Demographics Query (ITI-47)* los cuales pueden ser consultados en las direcciones que ofrecidas por *Gazelle*.

Otras tipos pruebas de fueron realizadas *Jmeter* y registradas automáticamente en el *WSO2BAM* a los servicios directos (*endpoints* y *wsdl*) para 4000 conexiones sin errores como se ilustra en la figura 17:

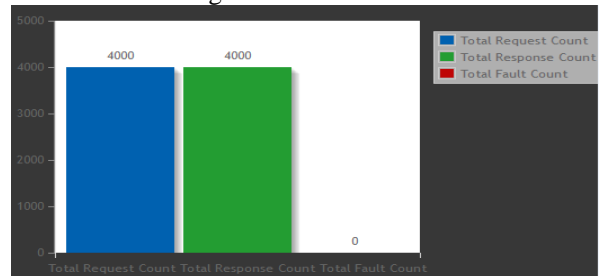


Fig. 17. Cantidad de conexiones realizadas a la plataforma. *WSO2BAM*.

Se obtuvo un rendimiento de 136,7 peticiones por segundos como se muestra en la figura que sigue:

# Muestras	Media	Mediana	Linea de 90%	Mín	Máx	% Error	Rendimiento
4000	1.3168	1.2517	2.4195	990	28211	0,00%	136,7/sec
4000	1.3168	1.2517	2.4195	990	28211	0,00%	136,7/sec



Fig. 18. Rendimiento obtenido para 4000 conexiones. *Jmeter*.

Finalmente se muestra el tiempo promedio alcanzado, el cual es de 1.71 segundos como se muestra en la siguiente figura:

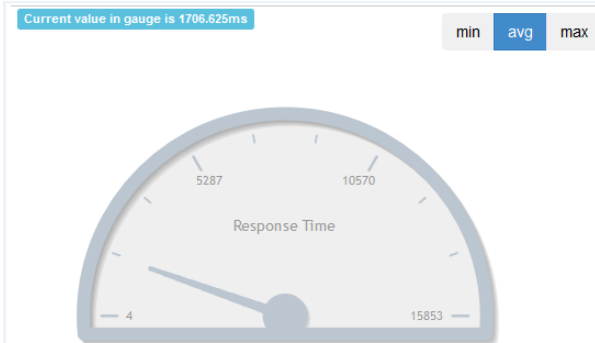


Fig. 19. Tiempo promedio alcanzado (ms) para las conexiones antes mencionadas. *WSO2BAM*.

## VI. CONCLUSIONES

Los contratos de los servicios desarrollados coinciden completamente con los normados por *IHE*, por lo tanto cualquier sistema de información clínico puede integrarse de manera estandarizada con la plataforma.

Con el uso de la plataforma se reducen considerablemente los costos de desarrollo y mantenimiento, así como plazos de entrega puesto que no es simple implementar una solución de este tipo.

El hecho de ofrecer de manera independiente como *API* el servicio *PIX* con el *MPI* incluido contribuye en la motivación del uso de la gestión de información relacionada con la identificación de pacientes y datos duplicados, pues estas funcionalidades son claves en los Sistemas de Información Clínicos.

Los resultados arrojados por los distintos experimentos expuestos en la sección de resultados demuestran un correcto funcionamiento de la infraestructura de comunicación propuesta debido a que el rendimiento es de 136.7 peticiones por segundo para 4000 conexiones.

Los resultados de pruebas realizadas con *Gazelle* avalan internacionalmente funcionamiento de la propuesta de solución con vista a los eventos *pre-connectathon* y *Connectathon*, los cuales constituyen las pruebas de interoperabilidad disponible más completas en sistemas sanitarios.

## REFERENCIAS

- [1] A. Lanza. "La historia clínica electrónica: ideas, experiencias y reflexiones", *Acimed*, vol. 13, no. 5, pp. 1-1, 2005.
- [2] A. Boonstra and M. Broekhuis, "Barriers to the acceptance of electronic medical records by physicians from systematic review to taxonomy and interventions", *BMC health services research*, vol. 10, pp. 231, January. 2010.
- [3] H. Dolin, et al. "HL7 clinical document architecture, release 2", *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 13, no 1, pp. 30-39, 2006.
- [4] K. Bourquard; F. LE GALL and P. Cousin, "Standards for Interoperability in Digital Health: Selection and Implementation in an eHealth Project", En

*Requirements Engineering for Digital Health*, Springer International Publishing, pp. 95-115, 2015.

- [5] K. Witting, "Health Information Exchange: Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)", En *Introduction to Nursing Informatics*, Springer London, 2015, pp. 79-96.
- [6] InterSystems HealthShare. [En línea] 05 de 09 de 2013. [Citado el: 25 de 03 de 2014.] <http://www.hospitaldigital.com/2013/09/05/intersystems-healthshare-recibe-la-certificacion-de-interoperabilidad-ti-sanitaria-de-ihe-usa-e-icsa-labs/>.
- [7] Y gram/ihe-usa-certifiacion. *NextGate Solutions*, Inc. NEXTGATE. [En línea] NextGate Solutions, Inc, 2014. [Citado el: 21 de 3 de 2014.] <http://www.nextgate.com/es/our-products/ihe-compliance/>.
- [8] Open eHealth. [En línea] 2014. [Citado el: 26 de 05 de 2014.] <http://www.openehealth.org/display/ipf2/Home>.
- [9] M. Rodríguez, R. Rodríguez. "Propuesta de aplicación de los perfiles de integración de IHE entre los sistemas alas PACS - alas RIS - alas HIS", Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, *Tesis para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas*, 2010.
- [10] R. González. "Modelo de producción de software para el Centro de Informática Médica", Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, pp.49-53, *Tesis para optar por el título de Máster en Informática Aplicada*, 2010.
- [11] T. Erl, "Service-Oriented Architecture Concepts, Technology, and Design", *Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall*, 2005.
- [12] J. Fontenla, M. Caeiro and M. Llamas, "CITA04-A SOA Architecture to Improve the Tailorability and Extensibility of e-Learning Systems", *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, vol. 8, no. 2, pp.135-140, 2010.
- [13] J. Alba, "SOA: Arquitectura Orientada al Servicio", *Bit*, (167), pp.52-53, 2008.
- [14] A. Delgado, "Metodología para el desarrollo de aplicaciones con enfoque SOA (Service Oriented Architecture)", *Reportes Técnicos*, pp.06-17, 2006.
- [15] D. Luna, E. Soriano, and F. G. B. Quirós, "Historia clínica electrónica" Buenos Aires, Argentina, *Revista del Hospital Italiano*, vol. 27, no. 2, pp.77-85, 2007.
- [16] S. Rodriguez, "Arquitectura SOA basada en Componentes de Software de Código Abierto para la Implementación de Historia Clínica Electrónica", *IX Congreso Internacional Informática en Salud 2013*, INFORMÁTICA 2013, pp.1-1.
- [17] A. Ramos and M. Ledo. "Estrategias de Informatización del Sistema Nacional de Salud", *Scielo*, Cuba, 2006.
- [18] D. López and B. Blobel. "Arquitecturas para la Implementación de Sistemas de Información en Salud Basadas en el Estándar HL7", Univ. Regensburg Medical Center, Germany, *Telematics Research Group*, Univ. Cauca, Colombia, eHealth Competence Center, 2008.
- [19] R. Bolaños and D. M. López. "Guía de implementación HL7 para sistemas de notificación obligatoria en salud pública en Colombia", *Sistemas & Telemática*, 7, 2010.
- [20] J. Protasio, "eKAURI-E-Health & Smart Home Platform". Barcelona: WSO2 Webinar, 2014.
- [21] A. Lagna. "How a Complex Healthcare Protocol can be Easily Handled by the WSO2 Platform". *Italia: Biznology*, 2014.
- [22] L. Bastida, "Gobierno SOA: Elemento Clave en la Integración de Negocio y Tecnología", *European Software Institute*. Vizcaya. España, 2008.
- [23] P. Marcheschi, A. Mazzarisi, S. Dalmiani, and A. Benassi, "New standards for cardiology report and data communication: an experience with HL7 CDA release 2 and EbXML". In *Computers in Cardiology*, pp. 383-386. IEEE, September 2005.
- [24] A. E. C. González. "La métrica de Levenshtein". *Revista de Ciencias Básicas UJAT*, vol. 7, no. 2, pp. 35-43, 2008.
- [25] Gazelle Testing Framework, A collaboration effort led by S. Moore Washington University of St. Louis) and E. Poiseau (INRIA) to build a testing framework to support IHE test scenarios.