

Adaptación de sistemas heredados mediante la especificación HL7 FHIR

M. Pedrera Jiménez, J. Calvillo Arbizu^{1,2}, I. Román Martínez^{2,3}, L.M. Roa Romero^{1,2}

¹ Grupo de Ingeniería Biomédica, Universidad de Sevilla, España, {jcalvillo, lroa}@us.es

² Centro de Investigación Biomédica en Red – Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER- BBN)

³ Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad de Sevilla, España, isabel@trajano.us.es

Resumen

Existen actualmente multitud de repositorios de información sanitaria que se encuentran aislados bien porque no fueron diseñados para ser integrados en ecosistemas abiertos o porque están reclusos dentro de entornos cerrados. El aislamiento de estos sistemas obstaculiza la continuidad asistencial, es decir, la posibilidad de proporcionar asistencia sanitaria a un paciente allí donde sea necesario y disponiendo de toda la información referente a él de manera integrada y coherente. Además, dificulta la creación de repositorios compartidos para uso secundario de la información sanitaria. En el camino para potenciar el trasvase de información se hace necesario adaptar los sistemas existentes que no cuenten con funcionalidades para el intercambio abierto y estándar de información. Este trabajo analiza la viabilidad de utilizar el estándar HL7 FHIR para integrar un sistema heredado en un ecosistema abierto. El sistema heredado que sirve como prueba de concepto es una plataforma de monitorización remota y supervisada de pacientes renales en su domicilio. Entre las conclusiones del trabajo se analizan algunos puntos fuertes del estándar FHIR como su flexibilidad para cubrir información de sistemas y ámbitos específicos, y su cercanía a la implementación, a través del modelo de servicios web REST, que minimiza los tiempos de desarrollo y despliegue de los sistemas.

1. Motivación

El volumen de datos sanitarios está creciendo exponencialmente gracias a la generalización de los dispositivos de monitorización, la progresiva automatización en el proceso de recogida y el incremento de fuentes de información relacionadas directa o indirectamente con la salud de las personas. Pero, a menudo, los datos recogidos son almacenados en sistemas propietarios y solo pueden ser consultados a través de interfaces propietarias, quedando aislados de terceros y sin posibilidad de trasvasar esa información, por ejemplo, a los sistemas de historia clínica electrónica.

La continuidad asistencial requiere que toda la información referida a un mismo paciente, independientemente de dónde sea recogida y/o almacenada, esté cohesionada y disponible cuando sea necesaria. Por ello, los sistemas aislados suponen un obstáculo para garantizar una asistencia sanitaria precisa y de calidad. Así mismo, la creación de repositorios compartidos para uso secundario de la información clínica requiere que las fuentes dispongan de un mecanismo normalizado de intercambio de información, de manera que se pueda procesar y persistir independientemente del sistema del que provenga.

Existen estándares de comunicación de información sanitaria (como, por ejemplo, EN/ISO 13606 [1] o HL7 CDA [2]) que establecen protocolos para el intercambio entre sistemas y facilitan la interoperatividad en el dominio sanitario. Cualquier sistema que adopte uno de estos estándares está preparado para intercambiar información con otros que también lo adopten, evitando así la formación de islas de datos.

Sin embargo, la adopción de estándares en la práctica está lejos de generalizarse. Multitud de sistemas han sido diseñados para un propósito concreto y la interoperatividad no se ha contemplado como requisito de diseño. Así, la reutilización de sistemas o bases de datos heredados (es decir, desarrollados y en uso, aunque aislados) pasa por desarrollar intermediadores que realicen el trasvase de información entre el sistema heredado y aquel que va a reutilizar sus capacidades. Esta propuesta es asumible para conectar dos sistemas (el heredado y otro) pero su escalabilidad es muy limitada. Si pretendemos integrar el sistema heredado en un ecosistema complejo deberíamos desarrollar intermediadores entre el heredado y cada uno de los elementos del ecosistema, lo que supone un aumento de costes y tiempo inasumibles. Una alternativa es desarrollar un intermediador para el trasvase de información desde el sistema heredado a un estándar de comunicaciones. Así, con el desarrollo de un único elemento podemos trasvasar la información del sistema heredado a cualquiera que adopte el mismo estándar.

El estándar HL7 *Fast Healthcare Interoperability Resources* (FHIR) [3] surge hace unos años con el objetivo de simplificar la interoperatividad entre sistemas a través de una implementación sencilla, que reduce tiempo y coste de desarrollo. HL7 FHIR se basa en un conjunto de recursos de información intercambiados mediante estructuras XML o JSON utilizando un protocolo REST.

Este trabajo analiza la viabilidad de utilizar el estándar HL7 FHIR para integrar un sistema heredado en un ecosistema abierto. Se evalúa la facilidad y adecuación del estándar FHIR para construir una pasarela que exponga la información heredada a través de un servicio REST. El sistema heredado que sirve como prueba de concepto es un sistema de monitorización remota y supervisada de pacientes renales en su domicilio.

2. Materiales y métodos

2.1. Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR)

El estándar FHIR es la última especificación de HL7 para el intercambio electrónico de información en salud. FHIR se basa en el modelo arquitectural REST (*Representational state transfer*) el cual está enfocado al concepto de Recurso [4]. La información manejada por los sistemas son los recursos, que se manejan a través de sus representaciones. Se define un conjunto cerrado de operaciones posibles para gestionarlos (CREATE, READ, UPDATE y DELETE), de modo que se universaliza la forma de acceso a los mismos facilitando el desarrollo de soluciones. Los sistemas REST se comunican generalmente a través del protocolo HTTP (métodos GET, PUT, POST, DELETE, etc.).

Siguiendo la propuesta de REST, FHIR describe los contenidos clínicos y administrativos de los registros sanitarios susceptibles de ser intercambiados como recursos. Así se manejan como patrones reutilizables definidos y representados en un formato común (XML o JSON), y basados en un conjunto de tipos de datos. Pueden ser utilizados como prescribe el estándar, aunque pueden ser extendidos o combinados para satisfacer diferentes casos de uso.

2.2. Caso de estudio: sistema de e-salud para pacientes renales en el hogar (e-Nefro)

El sistema e-Nefro es el resultado de un proyecto de investigación multicéntrico entre la Universidad de Sevilla y cinco hospitales españoles. Su objetivo es facilitar la monitorización de pacientes renales en su domicilio a través de un sistema de e-salud adaptable a diferentes tipos de usuarios y escenarios [5].

El sistema e-Nefro, se apoya en una base de datos relacional implementada con tecnología PostgreSQL [6], para almacenar la información de manera persistente, y acceder a ella de manera estructurada cuando sea necesario. En ella se almacena la información referente a las personas implicadas en el tratamiento, pacientes, profesionales y cuidadores; así como de las organizaciones que intervienen en él; el plan de cuidados y las actividades que debe realizar el paciente en su domicilio (Figura 1); los registros e incidencias generados por éste en el seguimiento de su tratamiento y los mensajes entre paciente y profesionales.



The screenshot shows the e-Nefro web interface for a patient named Patricia Seda López. The top navigation bar includes 'Registro Clínico', 'Incidencias', 'Plan De Cuidados', 'Perfil', and 'Mensajes'. Below this, there's a section titled 'Registro Clínico' with a table of activities. The table has columns for Fecha, Hora, Tipo, Actividad, Descripción, Variable, and Observaciones. The activities listed are related to medication and monitoring. At the bottom, there's a button for 'Actividades de monitorización pendientes'.

FECHA	HORA	TIPO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	VARIABLE	OBSERVACIONES
19/10/2017	00:00	Imagen	Enviar a su medico	Foto del cateter	Imagen	Hecho
19/10/2017	Desayuno	Actividad Medica	Medicamento 1	Medicamento 1 (15 minutos Antes de la comida)		Hecho
19/10/2017	12:00	Imagen	Enviar a su medico	Foto del cateter	Imagen	Hecho
19/10/2017	Almuerzo	Actividad Medica	Medicamento 1	Medicamento 1 (15 minutos Antes de la comida)		Hecho
19/10/2017	Cena	Actividad Medica	Medicamento 1	Medicamento 1 (15 minutos Antes de la comida)		Hecho

Actividades de monitorización pendientes

Figura 1. Sistema e-Nefro: registro de información de actividades realizadas por el paciente

El objetivo de este trabajo es proveer de un servicio para el acceso a toda la información que almacena el sistema e-Nefro a través de la especificación HL7 FHIR.

3. Resultados

3.1. Identificación de objetos de información de la base de datos de e-Nefro

El primer paso para desarrollar una pasarela de exportación de datos desde un sistema heredado es identificar la información que se desea poner a disposición de terceros (por ejemplo, sistemas de historia clínica electrónica). Como se ha descrito anteriormente, el sistema e-Nefro proporciona una plataforma tecnológica para el intercambio de información entre pacientes, cuidadores y profesionales, incluyendo actividades del plan de cuidados (que debe realizar los pacientes) y los registros de información que dan cuenta de la ejecución de dichas actividades.

En la Figura 2 se muestran los objetos de información identificados y aquellos atributos que permiten las relaciones entre ellos. En primer lugar, tenemos los objetos de información demográfica que almacenan datos sobre pacientes (ID, nombre, fecha de nacimiento, número de historia clínica, información de contacto, etc.), personal sanitario (ID, organización y cargo, tipo de profesional, datos de contacto, etc.) y organizaciones (ID, datos de contacto y responsable). Como se puede observar en la Figura 2, el personal sanitario prescribe actividades y citas para pacientes concretos (aquellos que tienen asignados).

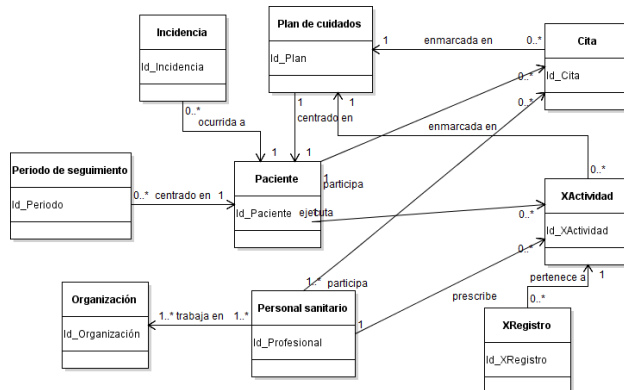


Figura 2. Relaciones entre los objetos de información del sistema e-Nefro

Cada paciente tiene asignado un periodo de seguimiento y uno o varios planes de cuidados. Dentro de cada plan se estructuran las citas y actividades prescritas por el profesional sanitario. Las incidencias se asignan al paciente, independientemente del plan de cuidados activo.

Las actividades pueden ser de tres tipos: medida de variable fisiológica, toma de imágenes (para registrar, por ejemplo, el estado de un catéter) o ingesta de medicamentos. Todos los tipos de actividades cuentan con el mismo conjunto de atributos (ID, frecuencia de realización, periodo de validez, paciente, prescriptor, etc.). Finalmente, cada actividad puede dar lugar a un conjunto ilimitado de registros (por ejemplo, para una actividad de medida de temperatura con frecuencia diaria se generará un

registro cada día durante el periodo de validez de la actividad).

3.2. Mapeo entre recursos FHIR y objetos de información identificados

Una vez identificada la información que se desea poner a disposición de terceros, el siguiente paso es analizar los recursos FHIR existentes y escoger aquellos que pueden servir para el trasvase de información entre sistemas. La Tabla 1 muestra la relación entre los objetos de información de e-Nefro y los recursos FHIR.

Debido a que los recursos FHIR han sido definidos como conceptos clínicos genéricos que puedan ser utilizados en cualquier tipo de sistema, no cubren completamente toda la información del sistema e-Nefro. Desde HL7 han contemplado la necesidad de utilizar FHIR en contextos locales o sistemas específicos y para ello han habilitado un mecanismo de extensiones de recursos [7]. Una extensión no es más que añadir nuevos campos de información a un recurso ya definido.

Objeto e-Nefro	Recurso FHIR
Paciente	<i>Patient</i>
Personal sanitario	<i>Practitioner</i>
Organización	<i>Organization</i>
Actividad cita	<i>Appointment</i>
Registro cita	<i>Encounter</i> (*)
Act. ingesta medicamento	<i>Medication Order</i>
Reg. ingesta medicamento	<i>Medication Administration</i>
Act. medida de variable	<i>Procedure Request</i> (*)
Act. toma de imagen	
Reg. medida de variable	<i>Observation</i>
Reg. toma de imagen	
Incidencia	<i>Detected Issue</i> (*)
Plan de cuidados	<i>Care Plan</i>
Periodo de seguimiento	<i>Episode Of Care</i> (*)
Plan de cuidados	<i>Condition</i>
Periodo de seguimiento	

(*): recurso extendido

Tabla 1. Mapeo de objetos de información del sistema e-Nefro a recursos FHIR

Todas las extensiones requieren la publicación de una definición formal, mediante un recurso tipo *StructureDefinition*. Siempre que se intercambian los recursos que contienen las extensiones, las definiciones de las extensiones estarán a disposición de todas las partes que comparten los recursos.

En nuestro caso, algunos recursos como *Encounter* o *DetectedIssue* han requerido el uso de extensiones para cubrir toda la información contenida en el sistema e-Nefro. Por ejemplo, el recurso que modela el encuentro de asistencia clínica al paciente (*Encounter*) recoge información sobre el paciente, los profesionales implicados, el lugar del encuentro y la cita que programó el encuentro (*Appointment*). En el sistema e-Nefro, además de esta información, se contemplan registros para observaciones del médico y enfermería, así como comentarios para el paciente. Esta información adicional se

utiliza en el sistema para registrar las conclusiones del encuentro y está disponible para los diferentes participantes. Por tanto, la extensión del recurso *Encounter* se ha realizado añadiendo tres campos opcionales de tipo *string* para recoger las conclusiones del encuentro (uno para médico, otro para enfermero y un tercero para el paciente).

3.3. Diseño e implementación del servicio web REST

Como se ha comentado, FHIR se basa en el intercambio de representaciones de los recursos que contienen la información solicitada. Debido a este enfoque de construir la especificación en torno a estos elementos básicos, es necesario definir los métodos de acceso a la información para cada recurso de manera independiente. De este modo, el cliente, formalmente, estará solicitando únicamente un recurso concreto utilizando los métodos definidos.

Estos métodos son manejados en el servidor como operaciones *Search*, interacción definida por la propia especificación para que los clientes puedan acceder a recursos siguiendo algún criterio de búsqueda. Esta interacción puede llevarse a cabo con métodos GET o POST indistintamente [8] (Figura 3). Cuando un cliente solicita un determinado recurso, lo que recibe es una representación del recurso de tipo *Bundle*, y con el que podrá trabajar para extraer la información requerida.

```
GET [base]/[resourcetype]?name=value&...
```

```
POST [base]/[type]/_search{?[parameters]}{&_format=[mime-type]}
```

Figura 3. Sintaxis GET/POST de la operación Search

Se han definido un conjunto de métodos de búsqueda para cada tipo de recurso, según la información que contienen y el interés por parte de terceros. Así, por ejemplo, los recursos de tipo *Patient* pueden recuperarse buscando por el identificador (en el caso que estemos buscando un paciente concreto) o por médico (para cuando queremos recuperar todos los pacientes asignados a un clínico).

Para la implementación del servicio se ha desarrollado un intermediador que expone los métodos de búsqueda anteriores y que se basa en una implementación de la API FHIR de código abierto en Java, HAPI FHIR [9]. Esta pasarela se encarga de: (1) recibir peticiones de los clientes de acuerdo con los métodos de búsqueda; (2) realizar las peticiones al sistema e-Nefro para recuperar la información solicitada; (3) componer la representación del recurso FHIR de tipo *Bundle* con toda la información solicitada (estructurada como recursos FHIR); y (4) devolver la respuesta al cliente.

3.4. Validación y pruebas

Una vez desarrollada la pasarela, se han realizado pruebas desde dos clientes: uno web y otro Android implementado específicamente para este trabajo.

La API utilizada proporciona una interfaz para realizar las pruebas sobre nuestro servicio desde un cliente web (navegador). Esta interfaz incluye: información sobre el

servicio (nombre, versión que implementa y dirección base) y la lista de recursos que tiene disponibles. Al elegir un recurso, se presenta las operaciones implementadas por el servidor (y sus parámetros) para dicho recurso (Figura 4). Esta interfaz facilita a los desarrolladores la implementación de clientes de acceso al servicio.

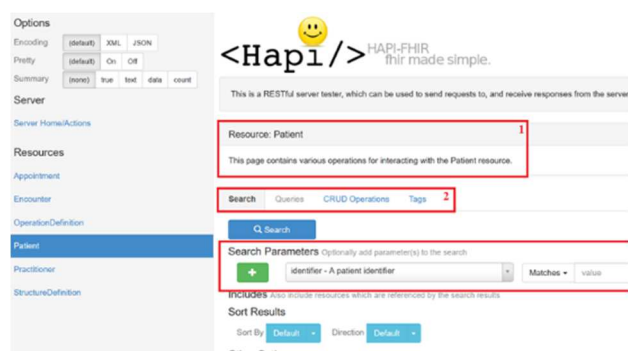


Figura 4. Módulo de validación de HAPI FHIR para un recurso

Por otro lado, se ha desarrollado un cliente FHIR Android para validar el servicio web desde un sistema externo real. En un primer paso este cliente valida la consulta del recurso paciente, ya que permite introducir el DNI de un profesional y devuelve la información de los pacientes a su cargo (Figura 5). En el caso de que el identificador del profesional sea incorrecto o no tenga pacientes asignados aparece un mensaje de error.

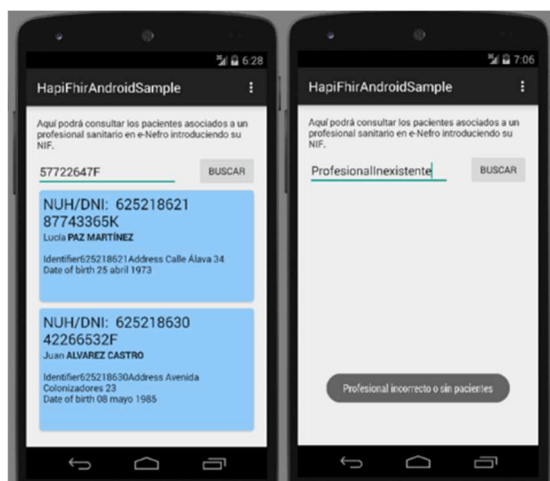


Figura 5. Ejemplo de cliente FHIR Android

4. Conclusiones

La abundancia de repositorios aislados de información sanitaria obstaculiza la integración coherente de todo el conocimiento referido a un mismo paciente y, por ende, la continuidad asistencial y el uso secundario de dicha información. Al margen de desarrollar nuevos sistemas conforme a estándares que potencien la interoperatividad, se hace necesario adaptar los sistemas existentes (heredados y en uso) que no cuenten con funcionalidades para el intercambio abierto y estándar de información.

En este trabajo se ha analizado la viabilidad de utilizar el estándar HL7 FHIR para integrar un sistema heredado en un ecosistema abierto. Para ello, se ha utilizado un sistema para la monitorización de pacientes renales en su domicilio como sistema heredado (sistema e-Nefro). Este trabajo ha

expuesto algunos de los puntos fuertes del estándar FHIR. En primer lugar, el enfoque modular de los recursos facilita su identificación y selección. Además, la sencillez y generalidad de los recursos permite que sean adoptados por cualquier sistema de información sanitario. Junto a todo esto, el mecanismo de extensión de recursos permite abarcar sistemas o ámbitos específicos donde la información sobrepase a los recursos formalmente definidos. Este ha sido el caso de algunos de los recursos que hemos utilizado en nuestra pasarela. El mecanismo de extensión, aunque de utilidad para garantizar la flexibilidad del estándar, obliga a compartir la definición de los recursos extendidos entre todos los participantes de la comunicación. Indudablemente esto es un punto débil del estándar que no menoscaba el interés de adaptarlo a sistemas específicos, sobre todo para el problema que nos ocupa de sistemas heredados.

Finalmente, uno de los mayores beneficios del estándar FHIR es su cercanía a la implementación. En nuestro caso, una vez identificados los recursos, el desarrollo del servicio web ha sido relativamente sencillo, teniendo que dedicar más tiempo al módulo que recupera la información del sistema e-Nefro. Esta sencillez de cara a la implementación es una consecuencia de la lección aprendida de los estándares HL7v2 y v3, que han sido duramente criticados por su complejidad.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el CIBER-BBN, el Grupo de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Sevilla y el Proyecto DTS15/00195 del Fondo de Investigación Sanitaria. CIBER-BBN es una iniciativa fundada por el VI Plan Nacional de I+D+i 2008-2011, la Iniciativa Ingenio 2010, el Programa Consolider, Acciones CIBER y financiado por el Instituto de Salud Carlos III con ayuda del Fondo de Desarrollo Regional Europeo.

Referencias

- [1] ISO/DIS 13606: Health informatics - Electronic health record communication, 2017.
- [2] ISO/HL7 27932: Data Exchange Standards - HL7 Clinical Document Architecture, Release 2, 2009.
- [3] HL7. HL7 Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR) Release 3. <http://hl7.org/fhir/> (Consultada: Septiembre 2017).
- [4] HL7. RESTful API. <https://www.hl7.org/fhir/http.html>. (Consultada: Septiembre 2017).
- [5] Calvillo-Arbizu J, Roa-Romero LM, Milán-Martín JA, et al. Aproximación metodológica al diseño de un sistema de teleasistencia para pacientes en prediálisis y diálisis peritoneal. *Nefrología*, vol. 34(2), 2014, pp. 149-57.
- [6] PostgreSQL. <https://www.postgresql.org/> (Consultada: Septiembre 2017).
- [7] HL7. HL7 FHIR Extensibility. <https://www.hl7.org/fhir/extensibility.html>. (Consultada: Septiembre 2017).
- [8] HL7. HL7 FHIR Search. <https://www.hl7.org/fhir/search.html>. (Consultada: Septiembre 2017).
- [9] HAPI FHIR. <http://hapifhir.io/> (Consultada: Septiembre 2017).