

Análisis y desarrollo de una solución tecnológica basada en el estándar HL7 V3 para el acceso ubicuo al control de la vacunación

Analysis and development of a technological solution based on the HL7 V3 standard for ubiquitous access to immunization control

Juan José Saldana-Barrios^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-8119-4000>

Dimas Concepcion-Patino¹ <https://orcid.org/0000-0003-3479-4059>

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales. Panamá.

*Autor para la correspondencia: juan.saldana@utp.ac.pa

RESUMEN

Los programas de vacunación son fundamentales para el cuidado de la salud de toda la población; ya que las vacunas son una de las principales fuentes de generación de inmunidad y protección contra las enfermedades, al ayudar al cuerpo a prepararse para futuras exposiciones. En Panamá la cartilla de vacunación es el documento oficial utilizado por el personal de la salud para que el paciente lleve el registro de las vacunas que le han sido aplicadas. A pesar de su importancia, esta información es anotada en una cartilla física escrita manualmente. En repetidas ocasiones los pacientes extravían o no portan la cartilla cuando van a los puntos de vacunación, lo cual provoca deficiencias en el proceso. Tomando como modelo el desarrollo y la aceptación de soluciones tecnológicas similares en otros países y la oportunidad de poder realizar estudios en la región, se propone el diseño y desarrollo de una infraestructura tecnológica capaz de integrarse con el sistema de vacunación del Ministerio de Salud del país, mediante el estándar Health Level Seven International (HL7). Esta herramienta permite realizar la consulta electrónica de los datos de vacunación del paciente, lo que posibilita a los especialistas de salud brindar una mejor

atención, en un menor tiempo y se evita que la falta de información clínica retrase la aplicación de las dosis. En este artículo se exponen las experiencias obtenidas durante el estudio, análisis, modelado y desarrollo de la solución propuesta.

Palabras clave: HL7; registro electrónico del paciente; ingeniería de *software*; UML; eSalud; vacunación.

ABSTRACT

Vaccination programs are fundamental for the health care of the entire population; since vaccines are one of the main sources of immunity generation and protection against diseases by helping the body to prepare for future exposures. In Panama, the vaccination booklet is the official document used by health personnel for the patient to keep a record of the vaccines that have been administered. Despite its importance, this information is written down in a physical booklet written by hand. On repeated occasions, patients would misplace or do not carry the booklet when they go to the vaccination points, which causes deficiencies in the process. Taking as a model the development and acceptance of similar technological solutions in other countries and the opportunity to carry out studies in the region, we propose the design and development of a technological infrastructure capable of integrating with the vaccination system of the Ministry of Health of the country, using the Health Level Seven International (HL7) standard. This tool allows electronic consultation of the patient's vaccination data, which enables health specialists to provide better care in less time and prevents the lack of clinical information from delaying the application of doses. This article presents the experiences obtained during the study, analysis, modeling and development of the proposed solution.

Keywords: HL7; electronic patient record; software engineering; UML; eHealth; vaccination.

Recibido: 16/06/2021

Aceptado: 16/03/2022

Introducción

En Panamá la cartilla de vacunación o tarjeta de vacunación es un documento personal y oficial utilizado por toda la población, para facilitar el seguimiento del estado de la adquisición de vacunas, lo que promueve un estilo de vida saludable. El Ministerio de Salud (MINSA) es la institución encargada de brindar la promoción, información, seguimiento y control de las vacunas a adquirir por rango de edades y zonas de riesgo dentro del istmo panameño. La información de la vacunación de cada hombre, mujer o niño es registrada en un sistema no ubicuo y anotada en una tarjeta de vacunación física que se le entrega al paciente. Este documento es extraviado muchas veces. En las jornadas de vacunación que realiza el personal del MINSA⁽¹⁾ esta falta de información actualizada dificulta el proceso de inmunización.

Esta investigación propone analizar, modelar y desarrollar una arquitectura tecnológica compuesta de dos elementos: primero, un servicio *web* adaptable, basado en el estándar de intercambio de información electrónica del paciente conocido como *HL7* y segundo, una aplicación móvil que permita el acceso ubicuo a los datos personales de vacunación.

El artículo se organiza en diferentes secciones que abordan los antecedentes de soluciones similares, las tecnologías utilizadas en el desarrollo del proyecto; se describe el proceso de ingeniería de *software* utilizado, lo cual incluye los modelos de requerimientos, de diseño y de arquitectura; se presenta el formato *HL7* implementado para el desarrollo de la plataforma y las ilustraciones del prototipo funcional a implementar.

Antecedentes

Investigación en el extranjero

En la Semana Mundial de la Inmunización del año 2016 el gobierno de México da a conocer el proyecto Cartilla Electrónica de Vacunación (CEV) como una estrategia para cumplir con sus objetivos de “Salud universal y efectiva”. Con este proyecto se integra en los sistemas un registro de la información de las dosis suministradas a los pacientes, con la posibilidad de crear estadísticas generales a nivel regional y nacional para evaluar su desarrollo y compararlo con su contraparte tradicional.⁽²⁾

Encaminados a estas nuevas facilidades digitales, más de 12 estados de México adoptan las cartillas de vacunación electrónicas en el 2018; a través de una aplicación móvil, disponible

para tabletas y *smartphones*. Rafael Félix Espinoza, director de Prevención y Promoción de la Salud de la Sociedad sinaloense, informó que esta nueva herramienta tecnológica permitirá controlar y realizar un seguimiento de las vacunas aplicadas a los infantes. La coordinadora del Programa de Vacunación del Estado Carmina Rodríguez detalla que esta herramienta funciona con una base de datos que integra a todas las personas con una cartilla de vacunación. Con esto se da a conocer el estado de las vacunas de cada paciente y la oportunidad de agendar las próximas dosis. A las cartillas electrónicas, además, les anexará una etiqueta con un código de información relacionado el censo nominal digitalizado, por lo que en cualquier centro de salud se podrá saber la vacuna que le corresponde a cada paciente.⁽³⁾

Por otra parte, Chile desde el 2011 cuenta con un Registro Nominal de Inmunizaciones (RNI), que integra un sistema informático para registrar las vacunaciones. Esto lo realiza el personal encargado (enfermero o técnico) que se encuentra debidamente capacitado y dispone de un código de área, usuario y clave única; lo que le permite ingresar los datos, en establecimientos públicos y privados, en convenio con el Ministerio de Salud a nivel nacional.^(4,5)

En Argentina se ampara este proceso en la Ley N^o27 491 que pauta una estrategia para el acceso a la información de salud de la población. En una primera etapa se desarrolló el Carnet Unificado de Vacunación Digital para los ciudadanos de los 13 años en adelante, disponible en el sitio *web* de “Mi Argentina” como desde la app homónima, donde las personas pueden visualizar las vacunas registrados a sus nombres, a partir de la creación de un usuario y con la validación necesaria. Este carnet posee igual validez que el habitual cartón de vacunación.⁽⁶⁾

En Canadá el Dr. Kumanan Wilson, científico sénior del Hospital de Ottawa, y su equipo crean un prototipo de cartilla electrónica llamada *ImmunizeON* en el 2012 que constituyó un éxito y fue aceptado por todos sus usuarios. El proyecto contaba con los fondos de la Agencia de Salud Pública de Canadá y otros socios. En el 2016 cambian el nombre de la aplicación por *CANImmunize* que simboliza una plataforma digital que conecta a los canadienses con sus propios registros de vacunación. Esto permite mejorar las tasas de vacunación, al equipar a la sociedad con la información necesaria, en función de la toma de decisiones, la administración de su información personal y las herramientas para mantener actualizadas sus vacunas.^(7,8,9)

Algunas de las características de *CANImmunize* son:

- Mantener un registro de vacunación de la familia.
- Los horarios personalizados para cada miembro de la familia facilitan el seguimiento y el tiempo.
- Recibir recordatorios sobre las próximas vacunas directamente en su pantalla de inicio.
- Mantener su estado de vacunación actualizado con la función de búsqueda de vacunas fácil de usar.
- Obtener información sobre las vacunas recomendadas por provincia o territorio, además de cuándo debe recibirlas y las enfermedades contra las que protegen.
- Observar los brotes de las enfermedades prevenibles por las vacunas en su área.
- Descubrir cómo pueden protegerse y proteger a su familia durante un brote.

Investigación nacional

Gracias a la “Convocatoria pública para el Fomento a Nuevos Emprendimientos: Capital Semilla 2016”, un grupo de profesionales panameños lanzó, con el apoyo de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), una aplicación móvil llamada iMuni. Esta consiste en un *software* de asistencia digital médica para el control y seguimiento en los dispositivos móviles de las citas de vacunas y su historial de toda la población. La aplicación iMuni tiene el objetivo de promover la asistencia de las personas a sus citas médicas para aplicación de vacunas; a través de la calendarización automática de las citas de vacunación y el envío de recordatorios, basados en el esquema nacional de vacunación. Esta aplicación ofrece una alternativa para aquellas personas que pierden sus tarjetas.⁽¹⁰⁾

Tecnologías y estándares utilizados en el proyecto

Health level seven international (HL7)

Health Level Seven es una organización sin ánimo de lucro, fundada en 1978, que se dedica a la creación de estándares de informática de la salud.^(11,12) Estos estándares hacen referencia al nivel 7 del modelo OSI, conocido como nivel de aplicación, el cual ofrece la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y es donde se definen los protocolos de intercambio de datos utilizados.⁽¹³⁾ Por tanto, al hablar del HL7 se hace referencia a los protocolos, estándares y el marco de trabajo para el intercambio, integración y el acceso información electrónica de salud.⁽¹⁴⁾ El desarrollo del estándar HL7 presenta actualmente cinco versiones fundamentales:

1. Estándar HL7 V2: la versión V2 un estándar de mensajería que permite el intercambio de datos entre distintos sistemas; es uno de los más usados de los estándares de interoperabilidad.⁽¹⁵⁾
2. Estándar HL7 V3: la versión V3 agrega mayor información de control de interoperabilidad y se desarrolla para cubrir todos los aspectos de la implementación, como la mensajería, tipos de datos y terminologías; contiene una aproximación más semántica, basada en modelos; lo que la hace aún más estricta y normativa que el HL7 V2.⁽¹⁶⁾

Entre los beneficios de su implementación se encuentran:

- Se centra en la interoperabilidad semántica, asegurándose de que los sistemas de envío y recepción compartan el significado de la información que se intercambia.
- Diseño de aplicaciones universales que pueden adaptarse a los requisitos locales y regionales.
- Proporciona una representación coherente de datos lateralmente en los diversos dominios de interés de HL7 y longitudinalmente a lo largo del tiempo, a medida que surgen nuevos requisitos y se abordan nuevos campos de actividad clínica.

- Asegura un desarrollo consistente y la capacidad de almacenar y manipular las especificaciones en los repositorios de datos.
3. Estándar HL7 CDA Se refiere a la Arquitectura del documento clínico (*Clinical Document Architecture*); es un estándar de documentación clínica que tiene como objetivo facilitar el intercambio de información en forma de documentos entre los proveedores de salud y los pacientes.⁽¹⁷⁾

Características:

- Persistencia: este documento deberá ser inalterable, independientemente de cuales sean sus cambios externos.
 - Custodia: será administrado por una organización u entidad.
 - Potencial para la autenticación.
 - Contexto: definirá un contexto de participantes, acto, prestador de servicios sanitarios, entre otros.
 - Completitud.
 - Legibilidad humana: conservara su capacidad de poder ser leído por personas.
4. Estándar HL7 FHIR: el formato HL7FHIR, cuyas siglas provienen del inglés HL7, *Fast Health Interoperability Resources*, presenta mejoras para lograr la interoperabilidad. En vez de basarse en el enfoque centrado en el documento, FHIR presenta un enfoque más modular donde los datos del paciente son representados granularmente en las unidades granulares independientes, llamados recursos. Estos recursos son gestionados mediante APIs y servicios web RESTful.⁽¹⁸⁾

Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio es un entorno de desarrollo de *software* integrado de múltiples lenguajes como C++, Java, Python, entre otros, que permite a los desarrolladores crear sistemas *web* y aplicaciones, a partir de modelos de arquitectura y patrones de desarrollo actualmente compatible con la nube de Windows Azure.^(19,20)

Sus características principales son:

- Desarrollo rápido e intuitivo.
- Depuración: generación perfiles y emisión de diagnósticos fácilmente.
- Pruebas: permite escribir código de alta calidad con herramientas de pruebas integradas.
- Colaboración.
- Extensión: posibilidad de elección entre la gran cantidad de extensiones para personalizar su IDE.

Dentro de las opciones de la familia de *Visual Studio* se encuentra la plataforma de código abierto, Xamarin, utilizada para la creación de aplicaciones en *iOs*, *Android* y *Windows Phone*. Xamarin está construida sobre Mono y basada en los estándares de .NET ECMA, por lo que permite manejar la automatización de tareas como la asignación de memoria e interoperabilidad con plataformas subyacentes.

Framework Prism

Es un *framework*, como su nombre lo indica, utilizado para desarrollar *apps* que utilicen el principio de convención sobre configuración. Se simplifica su creación con una buena estructuración y la implementación del patrón MVVM (*ModelViewViewModel*).^(21,22) Permite:

- Modularidad: divide los componentes para crear *apps*, a partir de módulos integrados pero independientes.
- Interfaz de usuario: desacoplamiento de los componentes de la interfaz de usuarios.
- Servicios horizontales: separados de servicios verticales; se facilita la creación de capas desacopladas.

Análisis y diseño de la solución propuesta

Para el análisis y diseño de la solución se utilizó el modelo de arquitectura de diseño 4+1 creado por el profesor *Philippe Kruchten*^(23,24,25,26) y que es coherente con el estándar “IEEE 14712000” (*Recommended Practice for Architecture Description of SoftwareIntensive Systems*⁽²⁷⁾) que se utiliza para describir la arquitectura de un sistema *software* intensivo basado en el uso de múltiples puntos de vista. El modelo de arquitectura 4+1 está compuesto por las siguientes capas:

- *Logical view* (vista lógica): Representa la funcionalidad del sistema, al proporcionar a los usuarios finales lo que deberá realizar, sus funciones y servicios que ofrecerá la aplicación.
- *Development view* (vista de desarrollo): Ilustra el sistema desde la perspectiva del programador, muestra como está dividido, sus componentes y la dependencia entre cada uno de ellos. Se consideran la concurrencia, distribución, rendimiento y escalabilidad.
- *Process View* (vista de proceso): Trata los aspectos dinámicos del sistema, explica los procesos de sistema y cómo se comunican.
- *Physical view*(vista física): Describe el sistema desde el punto de vista de un ingeniero en sistemas; incluye los componentes físicos; así como la conexión entre estos.

- *Scenarios*(escenarios): la descripción de la arquitectura utilizando un conjunto de casos de uso; describe la interacción entre los objetos y sus procesos. Sirve como punto de partida para las pruebas de los prototipos.

Análisis de requerimientos

La aplicación ha de poseer:

- Lector de códigos *Qr* para el ingreso y posterior arrastre de datos de los pacientes a la aplicación.
- Hoja de visualización con la información de las vacunas, fechas de colocación, personal de salud encargado de esa colocación y dosis, simulando la cartilla de vacunación.
- Información general de las vacunas que será extraída del folleto informativo del MINSA.

Más información donde obtendrán los datos de contacto del creador. se utilizarán componentes como:

- *List view*: para la visualización de lista verticales.
- Menú hamburgués en donde se guardará el acceso al lector de información de pacientes, información general de vacunas y de contacto.
- De manera interna la *app* debe tener contacto con una base de datos para el intercambio de información, en este caso el *web service* será el intermediario.

Mock up del proyecto

Los *mock ups* son diseños visuales que le permiten al usuario final de la aplicación observar una imagen previa del producto a entregar.^(28,29,30)

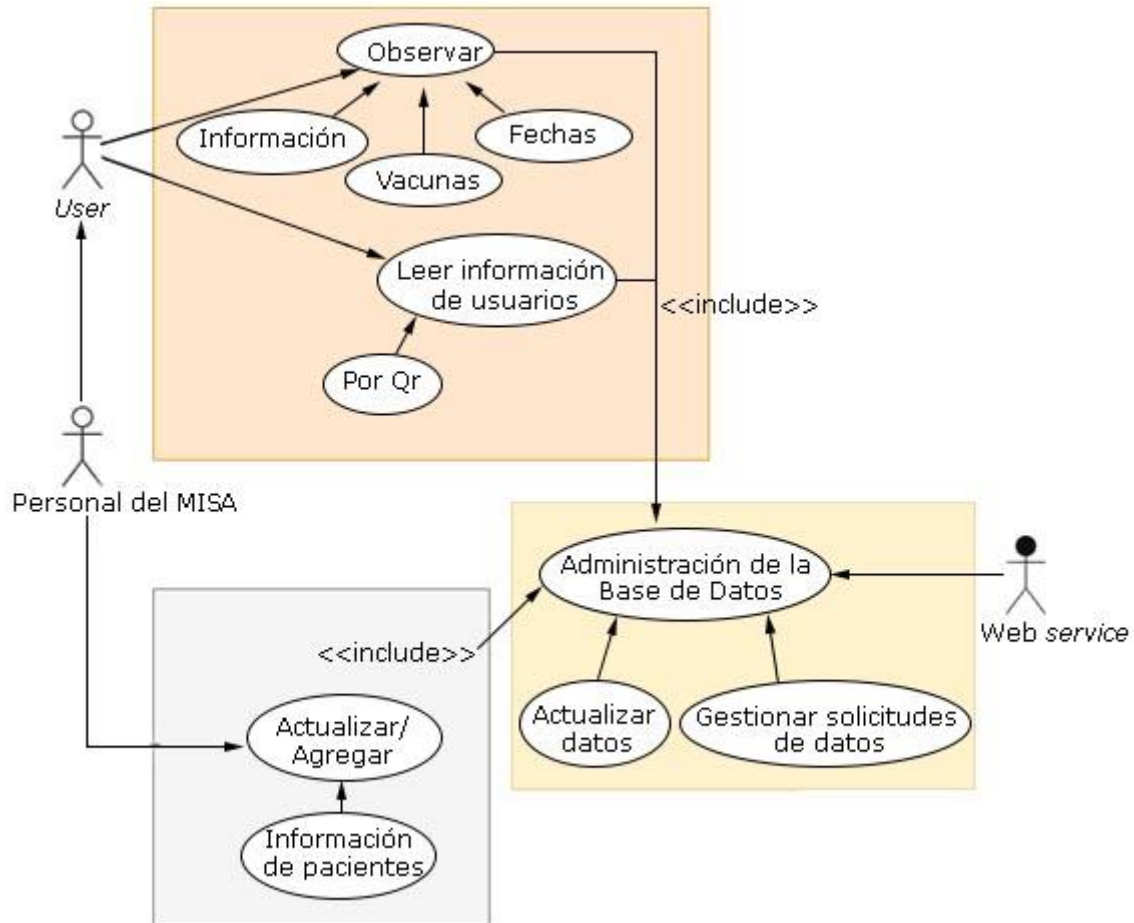
- El *splash screen* es una ventana de bienvenida al usuario de la aplicación.
- Vista de la pantalla correspondiente al menú hamburguesa a implementar en el proyecto.
- Vista de la pantalla de vacunas colocadas, tarjeta de vacunación.
- Vista de la pantalla de registros, incluye tres botones que accionarán cada uno una actividad diferente, ya sea la de registrar nuevas vacunas, personal de salud o centros médicos.
- Vista de las actividades relacionadas a los botones de registro dentro de la aplicación.

Arquitectura 4+1

- Vista escenario: caso de uso:

En esta sección se muestra el diagrama de caso de uso que explica la relación que existirá entre los diferentes actores del entorno de la aplicación de vacunación y los requerimientos funcionales del sistema a desarrollar. Mediante el diagrama de casos de uso (fig. 1) se modelaron los siguientes requerimientos:

- Actor *user*: encargado de observar y leer la información general referente a las vacunas de los pacientes del centro médico.
- Actor personal del MINSA: su actividad principal es actualizar y agregar información referente a las vacunas, así como la información epidemiológica de las mismas.
- Actor *web service*: el servicio web es un componente de la solución que tiene acceso a la información residente en la base de datos. Los actores *user* y el personal del MINSA le hacen las peticiones de información a este componente.

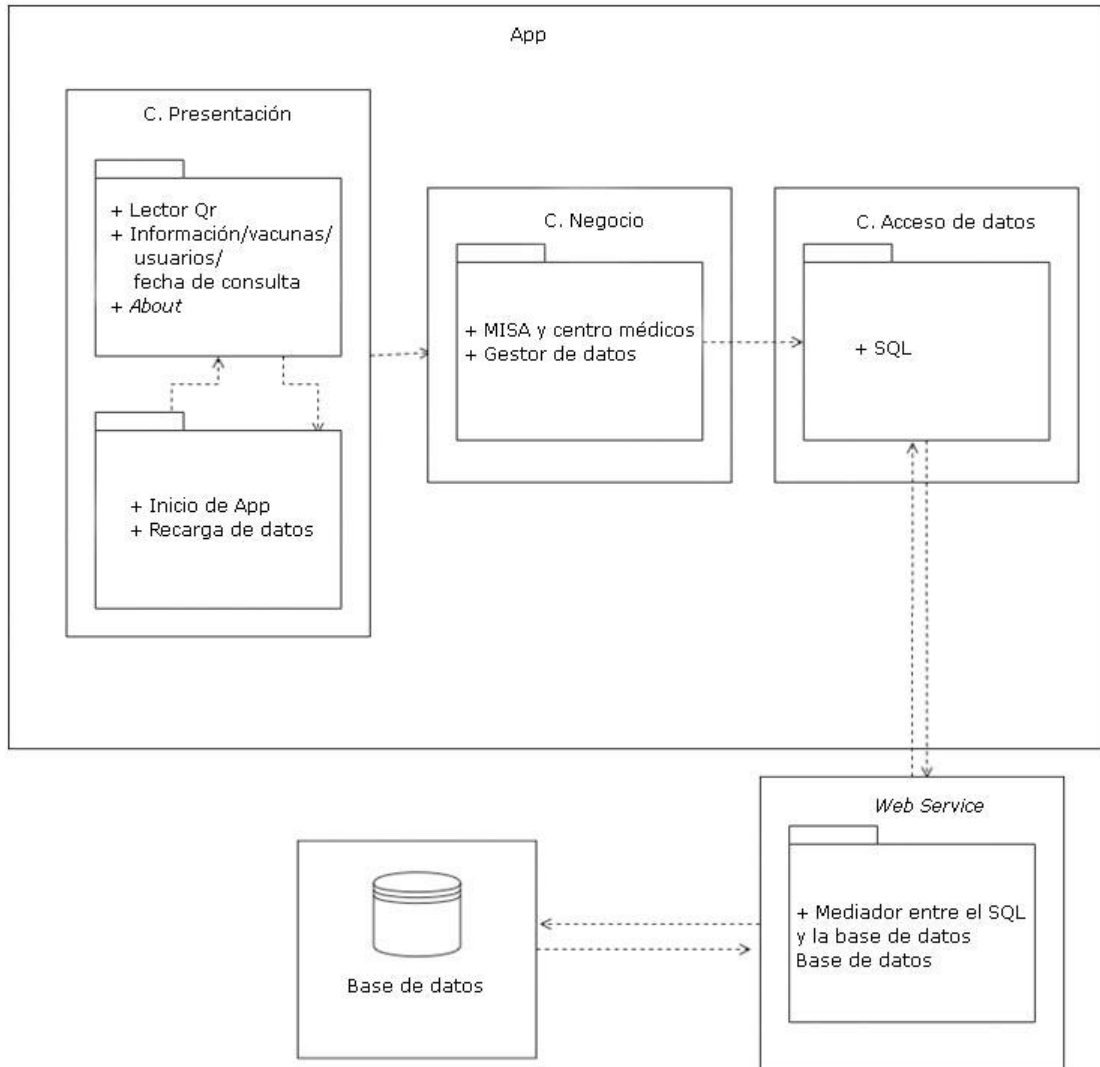


Fuente: Elaboración propia.

Fig. 1 – El caso de uso modela la relación que existe entre los diferentes actores del entorno.

- Vista de desarrollo: el diagrama del paquete modela los diferentes paquetes del sistema (fig. 2). Cada uno de estos paquetes se definen a continuación:
 - Capa de presentación: muestra la vista del usuario final y su composición. Inicialmente poseerá un lector Qr donde se podrá hacer el escáner de la cédula, para que así, posteriormente, se presente la información de las vacunas (vacunas, fecha, dosis, personal de salud que la colocó); así como la información personal de los usuarios (pacientes).
 - Capa de negocio: es la relación que se tiene con la empresa u organización, en este caso el MINSAs y el gestor de datos.
 - Capa de acceso de datos: son sentencias SQL que se utilizarán para extraer la información de la base de datos.

- Capa de acceso de datos: son sentencias SQL que se utilizarán para extraer la información de la base de datos.

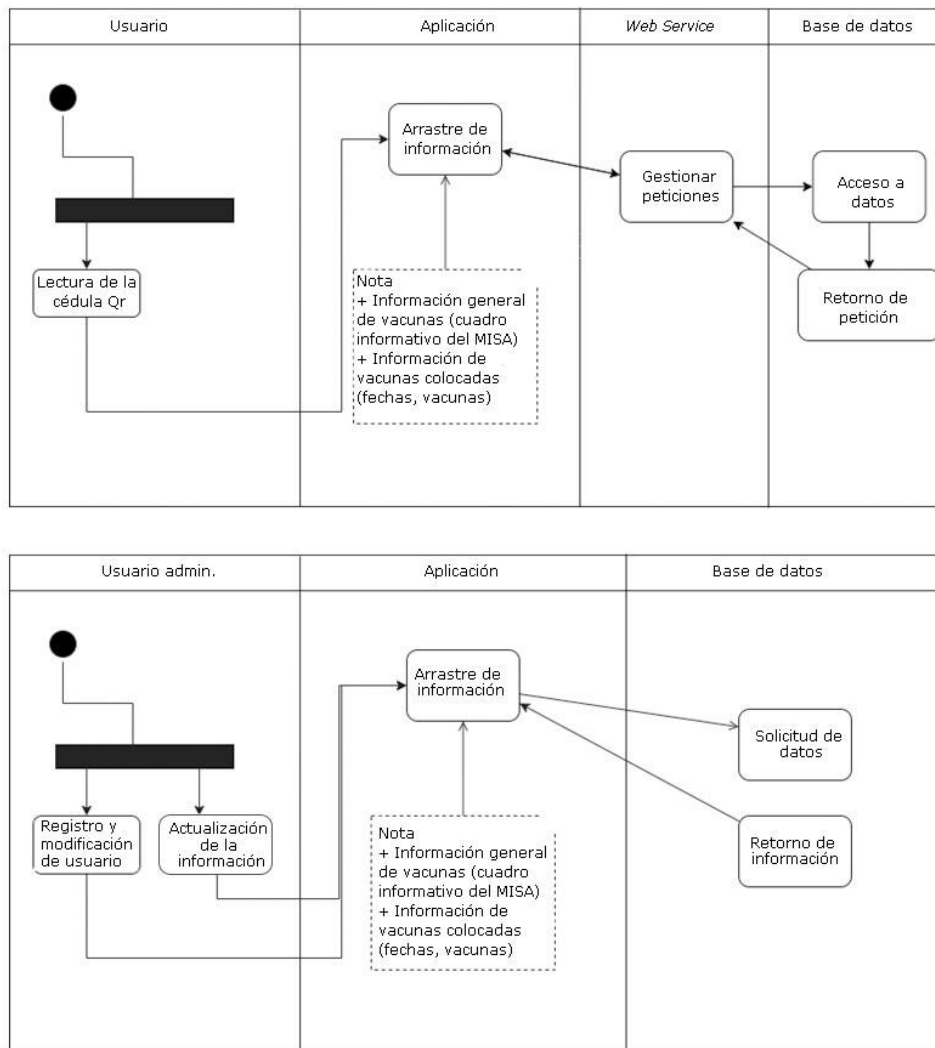


Fuente: Elaboración propia.

Fig. 2 – Diagrama de paquetes demuestra la relación entre cada componente y su distribución de la aplicación.

- Vista proceso: diagrama de actividad:

El proceso inicia con el usuario quien leerá la información de los pacientes desde el código Qr ubicado en la parte posterior de la cédula o bien ingresando sus datos para hacerle la petición al *web service*. El servicio *web* es el intermediario en el arrastre de información con la base de datos a la *app*, para así mostrar la información solicitada al usuario (fig. 3).



Fuente: Elaboración propia.

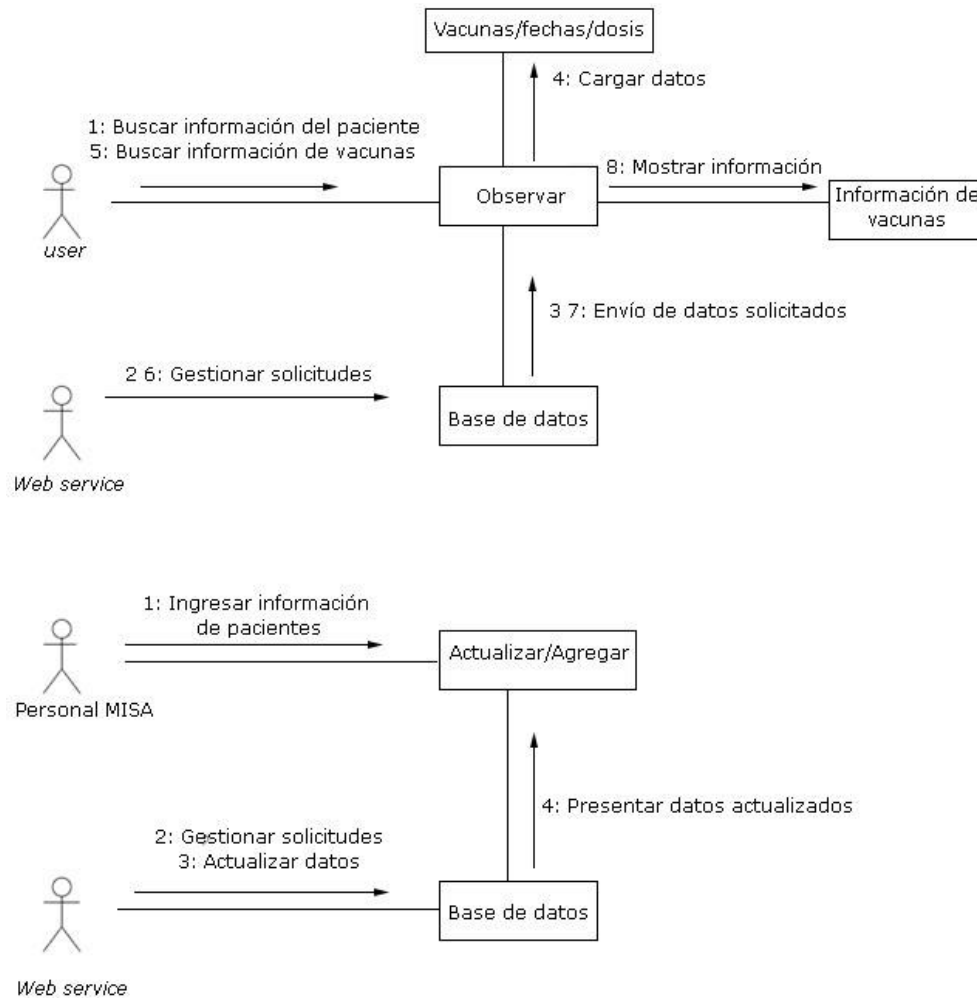
Fig. 3 – Diagrama de actividad, explicación de los procesos del sistema y como se comunican entre sí.

- Vista lógica: diagrama de comunicación

El diagrama posee dos partes esenciales (fig. 4) para la comunicación entre sus funcionalidades:

- En la primera sección se observa la petición que hace un usuario *x* al *web service* para visualizar las vacunas que este posee. El *web service* realiza el papel de intermediario entre la base de datos y la petición del usuario, para finalmente mostrar el desglose del resultado deseado.

- En la segunda actividad se toma en cuenta el papel que realiza un funcionario del MINSA para ingresar la información o gestionar los datos de los pacientes actualizando o agregando campos, que igualmente están gestionados por el *web service* que los comunica.



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 4 – Diagrama de comunicación, representación de la funcionalidad de la aplicación para con el *web service*.

- Vista física: diagrama de despliegue:

En el diagrama de despliegue describimos el sistema desde un aspecto físico y sus conexiones. Se comienza por el usuario quién es el que manipula y realiza las solicitudes al

sistema albergado en la *app*; esta solicitud es manejada por el *web server* que realizará el intercambio de información entre la base de datos y la petición de la aplicación.

Desarrollo de la base de datos

El proceso para la creación de la base de datos inició por el modelo entidad-relación, luego el modelo relacional y finalmente el modelo de la base de datos funcional.

- Modelo entidad-relación

Explicación del modelo:

- El modelo entidad-relación tiene como fin ilustrar las relaciones existentes entre cada entidad que conforma la base datos.
- Ejemplo de ello se muestra en la relación entre el rol del usuario o el rol especialista de salud con la creación de registros en la tarjeta de vacunación.

- Modelo relacional:

Explicación del modelo:

- El modelo relacional muestra cómo se componen las tablas de la base de datos, mediante una vista general de cada tupla y sus campos. A partir de este modelo se construye la base de datos física.

- Modelo de base de datos funcional:

Explicación del modelo:

- El diseño de la base de datos mostrará las seis tablas y sus relaciones; incluye las llaves primarias de rol, *user* y hospital, con la tabla “roluserhospital”. Del mismo modo el *id* de vacunas con la *tvacunas* y los *user* con la *tvacunas*.

Arquitectura del Sistema

El desarrollo de esta aplicación se verá afectado por el patrón de arquitectura MVVM (Model–View–View Model) y no por el MVC (ModelViewController), recomendado para la producción de *apps*,⁽³¹⁾ debido a que no es necesario el control manual a la interfaz de usuario de los datos, sino más bien estos se actualizan directamente, cuando suceden los cambios en ellos. A partir de lo anterior, se explicará brevemente que cada patrón de arquitectura y se realizará una comparación entre ellos.

El patrón MVC está compuesto por tres principios de separación de actividades, el primero es el Modelo (*Model*) que contiene la información con la que trabaja el sistema y es el responsable de manejar la conexión con la base de datos; el segundo es las Vistas (*Views*) que muestra la información a los usuarios; o sea, la interfaz entre el programa y quien lo utilice; por último el Controlador (*Controller*) responde a las acciones y modifica el modelo cuando es necesario, de acuerdo con la lógica del negocio.

El patrón MVVM se compone igualmente del *Model* y de las *Views*, quienes ejecutan la misma acción que en el patrón arquitectónico anterior, diferenciados, en este caso, en el último componente la *View Model* o Vista modelo quien se encarga de involucrar a los modelos y preparar los datos utilizados por las vistas; de igual manera enlaza la vista para enviarle los sucesos al modelo.⁽³¹⁾

Modelo HL7 para el intercambio de información del paciente

Información extraída de los pacientes:

- *Identifier*: identificador único alfanumérico para el paciente.
- *Active*: estado booleano del paciente “0” para inactivo, “1” para activo.
- *Name*: nombre completo del paciente:
- *Gender*: género del paciente “*male*”, “*female*”, “*other*”.
- *Birthdate*: fecha de nacimiento de los pacientes (individuos).

Información de inmunización

- *Identifier*: identificador de referencia a la entidad del mundo físico, en nuestro caso la tarjeta de vacunación.
- *Status*: en referencia al proceso de inmunización si bien está completa, en proceso, por completar, etcétera.
- *Vaccine code*: código único de identificación para las vacunas.
- *Patient*: identificador de referencia al paciente.
- *Occurrence*: fecha de administración de la vacuna.
- *Dose Quantity*: dosis de administración de la vacuna.

A continuación, se muestra la presentación del código en su forma primitiva (fig. 5):

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
* <Patient xmlns="http://hl7.org/fhir"> doco
  <identifier><!-- 0..* Identifier An identifier for this
  patient --></identifier>
  <active value="[boolean]"/><!-- 0..1 whether this patient's
  record is in active use -->
  <name><!-- 0..* HumanName A name associated with the patient
  --></name>
  <gender value="[code]"/><!-- 0..1 male | female | other |
  unknown -->
  <birthDate value="[date]"/><!-- 0..1 The date of birth for
  the individual -->
</Patient>
* <Immunization xmlns="http://hl7.org/fhir">
  <identifier><!-- 0..* Identifier Business identifier --></
  identifier>
  <status value="[code]"/><!-- completed -->
  <vaccineCode><!-- 1..1 CodeableConcept Vaccine product
  administered --></vaccineCode>
  <patient><!-- 1..1 Reference(Patient) who was immunized --></
  patient>
  <occurrence{x}><!-- 1..1 dateTime/string Vaccine
  administration date --></occurrence{x}>
  <doseQuantity><!-- 0..1 Quantity(SimpleQuantity) amount of
  vaccine administered --></doseQuantity>
* </immunization>
  <Patient xmlns="http://hl7.org/fhir">
    <identifier>47811604</identifier>
    <active value="[1]"/><!--boolean:1-->
    <name>Dimas Hernan Concepcion Patiño</name>
    <gender value="[male]"/><!--predefinidos:male-->
    <birthDate value="[18/4/1996]"/>
  </Patient>
  <Immunization xmlns="http://hl7.org/fhir">
    <identifier>152035</identifier>
    <status value="[completed]"/><!-- predefinido: completed -->
    <vaccineCode>GNTET</vaccineCode> <!-- GNTET es Tétanos -->
    <patient>47811604</patient>
    <occurrence{x}>25/5/2001</occurrence{x}>
    <doseQuantity>first dose</doseQuantity>
  </Immunization>

```

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 5 – Código en su forma primitiva, asignación de características propias. Desarrollo del XML mediante el estándar HL7 FHIR para la obtención y envío de datos y desarrollo asignado del XML con cada característica, para el ingreso de la nueva información y posible extracción de los datos anidados.

Conclusiones

En algunas soluciones desarrolladas en el país, la responsabilidad de ingresar los datos de vacunación en la app recae en el paciente o usuario. Esto puede traer consigo un alto porcentaje de error en los datos o ausencia de estos. La plataforma desarrollada en este proyecto es capaz de leer los datos que se encuentran en el sistema oficial de vacunación, lo cual disminuye el riesgo de mostrar información errónea. Adicionalmente, la utilización del estándar *HL7* brinda un nivel de interoperabilidad de los datos no presente en las soluciones similares revisadas. El proyecto desarrollado cuenta con características presentes en casos similares de otros países.

La aplicación de los métodos y herramientas de la ingeniería del *software* para el análisis, diseño y construcción de sistemas permitió desarrollar una solución práctica de calidad en el tiempo establecido y de bajo costo.

La utilización de estándares como *HL7* en los sistemas facilitan el intercambio y manipulación adecuado de información electrónica de una manera eficiente.

Como resultados de esta investigación se desarrollaron una aplicación móvil y servicio *web* que facilita el acceso ubicuo al registro electrónico de vacunación del paciente, información que antes solo podía ser accedido desde dentro de las instalaciones físicas del Ministerio de salud. Esto permitirá a los especialistas de salud, proveer una vacunación más efectiva a la población. Esta investigación sirve de modelo para el desarrollo de otras herramientas que permitan solucionar problemas existentes en el actual sistema de salud del país.

Referencias bibliográficas

1. Ministerio de Salud Pública de Panamá. [acceso 03/02/2022]. Disponible en: <http://www.minsa.gob.pa/>
2. México Digital. Cartilla Electrónica de Vacunación. 26 de abril, 2016 [acceso 25/12/2019]. Disponible en: <https://www.gob.mx/mexicodigital/articulos/la-cartilla-electronica-de-vacunacion>

3. López E. Cartilla de vacunación ahora es electrónica. 24 de agosto del 2018 [acceso 25/12/2019]. Disponible en: <https://www.debate.com.mx/sinaloa/cartilla-de-vacunacion-ahora-es-electronica-sinaloa-20180824-0111.html>
4. Espinoza D. Registro Nominal de Inmunizaciones (RNI) como herramienta para la vigilancia activa. 2018 [acceso 25/12/2019]. Disponible en: <http://www.sochinf.cl/portal/templates/sochinf2008/documentos/2018/presentaciones/vacunas/15.pdf>
5. Chile G. Registro Nacional de Inmunizaciones. Campaña contra el SARS-COV-2. 2021 [acceso 25/12/2021]. Disponible en <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2021/06/Registro-Nacional-de-Inmunizaciones-vacunas-COVID-19.pdf>
6. Unida A. Carnet unificado de vacunación digital. 30 de septiembre de 2019 [acceso 03/02/2020]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/carnet-unificado-de-vacunacion-digital>
7. G. of Canada. A Parent's Guide to Vaccination. 19 de diciembre de 2019 [acceso 12/01/2020]. Disponible en: <https://www.canada.ca/en/public-health/services/publications/healthy-living/parent-guide-vaccination.html>
8. G. of Canada. Canimmunize. 2012 [acceso 12/01/2020]. Disponible en: <https://www.canimmunize.ca/en/features>
9. Wilson K, Atkinson KM, Deeks SL, Crowcroft NS. Improving vaccine registries through mobile technologies: A vision for mobile enhanced Immunization information systems. J Am Med Informatics Assoc. 2016;23(1):207-11.
10. SENACYT. Lanzas *app* iMuni para el control y seguimiento de vacunas. 14 de agosto de 2017 [acceso 02/02/2020]. Disponible en: <https://www.senacyt.gob.pa/lanzan-app-imuni-para-el-control-y-seguimiento-de-vacunas/>
11. H. L. S. International. "HL7". [acceso 05/02/2020]. Disponible en: <https://www.hl7.org/>
12. Saripalle R, Runyan C, Russell M. Using HL7 FHIR to achieve interoperability in patient health record. J Biomed Inform. 2019 Jun 1;94:103-88.

13. S.L.U.1&1 IONOS España S.L.U. Modelo OSI. 25 de marzo de 2020 [acceso 05/02/2020]. Disponible en: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/el-modelo-osi-un-referente-para-normas-y-protocolos/>
14. Caduceus. Los 5 estándares HL7 fundamentales. 2018 [acceso 07/02/2020]. Disponible en: <https://www.caduceus.es/estandares-hl7-fundamentales/#que-es-hl7>
15. H. L. S. International. HL7 V2. 2020. [acceso 05/02/2020]. Disponible en: http://www.hl7.org/implement/standards/product_section.cfm?section=1
16. H. International. HL7 V3. 2021 [acceso 05/02/2020]. Disponible en: http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=186
17. H. International. HL7 CDA. 2005 [acceso 06/02/2020]. Disponible en: <https://www.caduceus.es/estandares-hl7-fundamentales/#hl7-cda>
18. International H. HL7 FHIR. [acceso 06/02/2020]. Disponible en: <https://www.caduceus.es/estandares-hl7-fundamentales/#hl7-fhir>
19. Microsoft. Visual Studio. 2020 [acceso 04/04/2020]. Disponible en: <https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/features/>
20. Microsoft- Github. Microsoft vs Code. 2020 [acceso 04/04/2020]. Disponible en: <https://github.com/microsoft/vscode>
21. Toribio E. Xamarin Prism. 19 de abril de 2017 [acceso 05/04/2020]. Disponible en: <https://xamarinlatino.com/prism-convención-sobre-configuración-mvvm-y-navegación-desde-el-viewmodel-4e8afca65251>
22. Prajapati M, Phadake D, Poddar A. Study on xamarin cross-platform framework. Int J Tech Res Appl. 2016 [acceso 05/04/2020];4(4):13-8. Disponible en: www.ijtra.com
23. A. Sterkin, “Layered Architecture Revised.”, 2006, pp. 124-128.
24. Pressman RS, “Ingeniería de Software Un enfoque práctico”, *Interamericana de España/McGraw-Hill: Concepción Fernández Madrid*, 2002.
25. Diego Lopez Vargas J, Velez DP, Bustamante FP. Estudio y desarrollo de un sistema que implementa el estándar HL7 de registros médicos generales y envía comentarios por Mensajes de Texto. 2013. Disponible en: <http://www.informatica2013.sld.cu/index.php/informaticasalud/2013r/download/431/15>

26. Noor NQM, Yuhaniz SS, Sarkan HM, Daud SM, Azmi NFM. Development of MCU Architecture for IoT-Based System. *Adv Sci Lett.* 2018;24(2):1254-8.
27. IEEE. 1471-2000 IEEE. 2000 [acceso 29/04/2020] Disponible en: <https://standards.ieee.org/standard/1471-2000.html>
28. C. Bravo, “¿Qué es un Mock Up?”, 2019. [acceso 16/02/2022] Disponible en: <https://estudioka.es/que-es-un-mock-up/>
29. D’Souza C, Deufemia V, Ginige A, Polese G. Enabling the generation of web applications from mockups. *Softw Pract Exp.* 2018 [acceso 12/01/2020];48(4):945-73. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/spe.2559>
30. Rivero JM, Rossi G, Grigera J, Burella J, Luna ER, Gordillo S. From Mockups to User Interface Models: An Extensible Model Driven Approach. *Lect Notes Comput Sci (including Subser Lect Notes Artif Intell Lect Notes Bioinformatics)*. 2010 [acceso 12/01/2020];6385 LNCS:13-24. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-16985-4_2
31. Medina G, Menéndez J, Vallejo J. Comparative Study of Performance and Productivity of MVC and MVVM design patterns. *KnE Eng.* 2018 [acceso 12/01/2020];3(1):241-52. Disponible en: <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/1498%0A10.18502/keg.v1i2.1498>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Dimas Concepción-Patino, Juan Saldana-Barrios.

Curación de datos: Dimas Concepción-Patino.

Análisis formal: Dimas Concepción-Patino, Juan Saldana-Barrios.

Investigación: Dimas Concepción-Patino, Juan Saldana-Barrios.

Metodología: Dimas Concepción-Patino, Juan Saldana-Barrios.

Administración del proyecto: Juan Saldana-Barrios.

Recursos: Dimas Concepción- Patino, Juan Saldana-Barrios.

Software: Dimas Concepción-Patino.

Supervisión: Juan Saldana-Barrios.

Validación: Juan Saldana-Barrios.

Visualización: Dimas Concepción-Patino y Juan Saldana-Barrios

Redacción – borrador original: Dimas Concepción- Patino.

Redacción – revisión y edición: Juan Saldana-Barrios.