

# Aplicación del Proceso IMFS & VCD para Arquitecturas de Referencia de Sistemas Integrados de Salud

Aleidys Arraiz<sup>1</sup>, Yusneyi Carballo Barrera<sup>2</sup>  
aleidysarraiz@gmail.com, yusneyicarballo@gmail.com

<sup>1</sup> Departamento de Informática, UPTA “Federico Brito Figueroa”, La Victoria, Venezuela

<sup>2</sup> Escuela de Computación, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

**Resumen:** Los Sistemas Integrados de Salud (SIS) constituyen una rama fundamental en los avances de la denominada telemedicina, una disciplina de telesalud que se caracteriza por la prestación de los servicios de salud utilizando tecnologías de información y comunicación (TIC), lo cual ha generado importantes cambios en los procesos concernientes a la atención de servicios de salud, consultas en remoto y comunicación de la información que conforman las historias clínicas electrónicas (HCE en adelante). El desarrollo de los SIS se ha industrializado y su uso se incrementó a raíz de la pandemia mundial de COVID-19, siendo cada vez más los países que incorporan proyectos de salud a distancia. Este incremento en la demanda de servicios de telesalud ha requerido productos de software que poseen requerimientos y una arquitectura común, lo cual es favorable a efecto de estandarizar procesos de desarrollo de aplicaciones y cubrir en menor tiempo la demandada. Venezuela no escapa de esta realidad y en razón de ello se han generado diversas iniciativas de desarrollo basadas en SIS. En esta investigación se describe los fundamentos del proceso **IMFS & VCD** (Ingeniería de Modelos, Fábricas de Software y Vista de Calidad del Dominio), en donde se incorpora principios de la Ingeniería de Modelos (IM) para la creación de patrones, utilizando transformaciones y siguiendo un enfoque descendente *top-down* para la obtención de una Arquitectura de Referencia (AR). Específicamente, en este artículo se presentan los primeros resultados de la validación del caso de estudio de la aplicación del proceso **IMFS & VCD** para Sistemas Integrados de Salud en el contexto venezolano, usando el enfoque de desarrollo industrial de Fábricas de Software (FS).

**Palabras claves:** Sistemas Integrados de Salud; Ingeniería de Modelos; Arquitecturas de Referencias; Vista de Calidad del Dominio; Fábricas de Software; IMFS & VCD.

## 1. INTRODUCCIÓN

La salud a nivel mundial representa la constante necesidad de incrementar las tecnologías al servicio de los programas de medicina, debido a la gran demanda de la humanidad en proveerse de sistemas que garanticen su atención adecuada cuando se tiene algún problema de salud. Es por ello que en la última década se ha hecho prioritario la incorporación de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en el campo de la medicina para optimizar los procedimientos de atención de la salud. Esta necesidad se incrementó con los requerimientos de atención en remoto o servicios de telemedicina necesarios para atender a pacientes afectados por el virus SARS-CoV-2 u otras enfermedades durante la pandemia de COVID-19 [1]. Los Sistemas Integrados de Salud (SIS) han sido definidos como una red de organizaciones que presta, o hace arreglos para prestar un continuo coordinado de servicios de salud a una población definida, y que está dispuesta a rendir cuentas por sus resultados clínicos y económicos y por el estado de salud de la población [2]. Estos servicios son prestados apoyándose en los avances del desarrollo de sistemas de software y las redes de comunicación.

En los países latinoamericanos existen iniciativas importantes en telemedicina, que consisten en una manera de proveer servicios sanitarios a pacientes en los que el acceso a los mismos está limitado por la geografía, el trabajo o la presencia de una enfermedad. En estos casos, la telemedicina puede mejorar también la eficiencia de esos servicios, tal como se evidencia en México y Brasil [3][4]. En Venezuela desde el 2014 se llevan a cabo iniciativas importantes en los aspectos de telemedicina

tanto en el ámbito público como en el privado, siendo inconvenientes a superar la falta de disponibilidad oportuna de la información clínica de los pacientes y la baja calidad de los servicios de telecomunicaciones [5]. Por otro lado, para que los SIS sean soluciones oportunas deben ser construidos en el menor tiempo posible y con métodos que garanticen que las nuevas aplicaciones sean productos de calidad que puedan superar los inconvenientes de soluciones previas. Para lograr estos propósitos es fundamental que en el proceso de desarrollo de las Familias de Sistemas de Software (FSS), en el dominio de la salud, se ejecuten procesos guiados. Como ejemplos de enfoques de desarrollo industrial de software útiles para guiar la creación de las FSS se tiene la propuesta de Fábricas de Software (FS) y las Líneas de Producción de Software (LPS), como ya ha sido discutido en Arraiz, Losavio y Matteo [6], son enfoques que fomentan la reutilización para la construcción de FSS, suministrando entre otros recursos un *Esquema* que es la estructura de la FS y una *Plantilla* utilizada para derivar los productos genéricos, con los cuáles se definen componentes fundamentales. En el esquema de la FS se desarrolla las Arquitectura de la Línea de Productos de Software (ALPS), arquitecturas iniciales en las que se incorporan los aspectos relativos a la calidad que deben estar presente en los productos derivados, los cuales se identifican en la Vista de Calidad del Dominio (VCD).

Como un aporte al desarrollo industrial de software esta investigación presenta el **IMFS & VCD** (Ingeniería de Modelos, Fábricas de Software y Vista de Calidad del Dominio), un proceso para definir arquitecturas de software,

con un desarrollo incremental partiendo del estudio y conocimiento del dominio del problema que se va a abordar. Siguiendo estas premisas, se describe paso a paso una propuesta para obtener la AR (Arquitectura de Referencia) partiendo de una Arquitectura Candidata (AC) que representa un esbozo de arquitectura inicial, incluyendo la Vista de Calidad del Dominio aplicada al *Esquema* de la Fábrica de Software. A través del análisis de vistas y puntos de vistas de la descripción arquitectural basada en el estándar IEEE-1471-2000 [7] se establecen los activos de software para implementar el *Esquema*. El proceso **IMFS & VCD** se plantea en el marco de la Ingeniería de Modelos (IM), disciplina que aporta procedimientos que implementan transformaciones necesarias para complementar y refinar los modelos derivados de este proceso. El fin último es construir un proceso completo en el contexto de las Fábricas de Software, contemplando actividades, tareas, artefactos, entradas, salidas, disciplinas y herramientas para el soporte de todo el proceso **IMFS & VCD**, dentro de la etapa de Análisis del Dominio (AD) de la Ingeniería del Dominio (ID) de la Línea de Producción de Software [8].

## 2. JUSTIFICACIÓN

Muchas organizaciones en Venezuela, orientadas hacia sector salud, tanto públicas como privadas han venido incorporando los sistemas informáticos para prestar los servicios de asistencia médica a la salud, sin embargo, muchas de estas organizaciones plantean diversos problemas que aún persisten sobre todo en los que respecta a la interconexión de los centros de salud que se resumen en lo siguiente: el acceso a la Internet bastante limitado a inexistente en algunos casos, escasa comunicación entre el personal de salud, debilidades técnicas en el hardware, adicional a la falta de integración de aplicaciones de software y una inversión limitada en recursos económicos en el sector [9]. Se requiere entonces, la obtención de una AR para cualquier SIS que contemple varios requisitos de importancia: servicio de Historias Clínicas Electrónicas (HCE) como registro digital de la información vital del paciente, recopilación de datos, medición y generación de métricas relacionadas con estadísticas correspondientes a la gestión de cada organización de salud, entre otras: servicios de atención médica, gestión de citas médicas, gestión de especialidades y especialistas, tratamiento digital y estudio de imágenes médicas e interconexión entre centros de salud y entes relacionados, de manera que se pueda compartir de manera simultánea la información médica y mejorar los diagnósticos.

En 2006, la Universidad Central de Venezuela inició un proyecto denominado SOS en telemedicina que consistió en conectar, por medio de TIC, centros de atención primaria de salud de regiones insulares, de la selva amazónica y de orillas del río Orinoco con médicos especialistas de la UCV [9]. En el marco de este proyecto se definieron dos propósitos principales: 1. Mejorar, mediante segunda opinión médica, la capacidad resolutoria de los centros de salud alejados de los centros urbanos; y 2. Educar al personal de los centros de salud participantes. El proyecto SOS Telemedicina (<https://caibco.ucv.ve>) también incluye entre sus propósitos transferir tecnologías a las regiones, desarrollar capacidades y evaluar los beneficios de la telemedicina [5].

En 2015 se presenta en el trabajo *Quality-Based Bottom-up Design of Reference Architecture applied to Healthcare*

*Integrated Information Systems* un diseño general con el método ascendente *bottom-up* aplicado al dominio de los SIS, donde la arquitectura candidata inicial se construye de forma automatizada. En esta propuesta se maneja la variabilidad, sin dejar de incorporar la experiencia del arquitecto de software para evaluar la mejor arquitectura de acuerdo a los RNF (Requisitos No Funcionales). Es un trabajo cuyo desarrollo sigue actualmente y del cual se ha derivado un prototipo de herramienta computacional para soportar un proceso *bottom-up* de diseño de arquitecturas de referencia. Una limitación observada para esta propuesta es que se podrían obtener mejores resultados si fuese mayor la cantidad de productos que se estudian en un dominio [10].

En 2016 se publicó el trabajo titulado *Product Line Scoping for Healthcare Information Systems Using the ISO/IEC 26550 Reference Model* [11], en el mismo contexto de la industrialización del diseño de productos de software en el ámbito de los Sistemas Integrados de Salud, pero esta vez haciendo énfasis en la fase de *Alcance* de las Líneas de Producción de Software. Como primera fase de la Ingeniería de LPS en el ciclo de vida de la Ingeniería del Dominio, se determina la viabilidad de las LPS a largo plazo, utilizando el método denominado PLScOP (alcance de la línea de producción de software). En este trabajo sólo se detalla en este trabajo la especificación del Alcance del Dominio ofreciendo técnicas y artefactos precisos por supuesto considerando los aspectos de calidad. También en 2016, Losavio, Ordaz y Esteller [10] presentan el proceso de modelado de la variabilidad en el análisis del dominio contemplando requisitos funcionales y no funcionales para la construcción de una arquitectura de referencia. En este trabajo se define un proceso para construir en forma semi-automática la AR y su modelo de variabilidad considerando requisitos funcionales (RF) y requisitos no funcionales (RNF), siguiendo un enfoque extractivo ascendente o *bottom-up*, el cual se basa en la refactorización de las arquitecturas de productos similares existentes de un dominio dado, representadas por grafos conexos, inspirado en Losavio y Ordaz (2016) [12]. El proceso fue aplicado al dominio de los SIS, ilustrando una manera sistemática, repetible, práctica y ágil de derivar un modelo de variabilidad que considera RF y RNF, para la obtención de una AR evolutiva. Más recientemente con la coyuntura originada por la pandemia de COVID-19, nuevamente se destacó la necesidad de contar con SIS que puedan autogestionar los procesos de salud de forma remota. Se implementaron iniciativas de contingencia donde la Atención Primaria de Salud (APS) digitalizada pudo dar respuestas positivas ante la expansión de la enfermedad, además, de requerirse la implementación de sistemas de atención de salud a distancia, inclusive a través de líneas telefónicas, en salas situacionales dotadas de sistemas que capturaban los síntomas del paciente y les orientaba para canalizar la atención médica [13][14]. Muchos de los sistemas disponibles no estaban adecuados para atender la totalidad de necesidades presentadas por lo que es un área que requiere mayor atención, investigación, innovación y desarrollo.

## 3. IMPORTANCIA

En 2015, fue promulgada la Ley de Telesalud en Venezuela [15] en la cual se plantea como objetivos principales satisfacer los requerimientos de la Ley de Infogobierno en relación a la

interoperabilidad de todas las transacciones de servicios del Estado, por lo cual expone en su Artículo 1º: “*Establecer los principios, bases y lineamientos, control y regulación de del funcionamiento de la Red de Telesalud, en procura de garantizar su uso adecuado en cuanto al acceso, cobertura y la calidad de atención a la población, mediante el apoyo de las tecnologías de información y comunicación enmarcados en herramientas de software libre, sin perjuicio de lo establecido en el marco jurídico correspondiente*”. Con este Ley se establecen objetivos derivados de las actividades que se llevan a cabo en la Red de Telesalud en los que se busca primordialmente: sistematizar todo el proceso de Historias Clínicas; crear bases de datos especializadas, tanto nacionales como internacionales; desarrollar una plataforma que permita la tramitación de citas vía web; dotar a las organizaciones o instituciones de salud de banda ancha, fibra óptica y la infraestructura tecnológica requerida para la conectividad y comunicación digital. Todos los aspectos señalados anteriormente, indican que esos objetivos son vigentes si los sistemas existentes se encuentran conectados en red, e incluyen la utilización de estándares para proveer la interoperabilidad requerida para poder intercambiar las historias clínicas de los pacientes entre lugares y centros equidistantes, de lo contrario se sigue requiriendo el desarrollo de SIS completos, con calidad y adecuados a cada escenario de la población.

#### 4. OBJETIVO

Este trabajo tiene como objetivo principal presentar los avances en la validación del proceso **IMFS & VCD**, a través del caso de estudio cuyo dominio son los Sistemas Integrados de Salud. Particularmente el enfoque de este artículo se centra en los elementos asociados a la obtención de una Arquitectura de Referencia que provea la configuración óptima para el desarrollo industrial de aplicaciones de este dominio; específicamente se hace énfasis en el requerimiento de la generación accesible, confiable, eficiente y segura de las Historias Clínicas Electrónicas de los pacientes.

#### 5. METODOLOGÍA

**IMFS & VCD** es un proceso en el que se emplea como metodología el enfoque *top-down* para la Ingeniería del Dominio, el cual contempla dos fases primordiales: 1. Análisis del dominio, y 2. Diseño del dominio. Está basado en uno de los elementos más relevantes en el desarrollo de software bajo el enfoque de FS: el *Esquema*. Este componente define los puntos de vistas que son necesarios para la construcción de un tipo de producto de software o miembro perteneciente a una FSS: cómo construir y utilizar una vista. Como ya se ha descrito, la información que debe aparecer en las vistas; que a su vez se definen como una instancia de los puntos de vistas que describen ciertos aspectos de un SS, tales como la arquitectura del negocio, de los datos, de la aplicación y el de tecnología, entre otros, es decir, a diferencia de las LPS, el *Esquema* viene a representar un contenedor de las configuraciones válidas para los productos específicos.

En detalle, una vista es una representación de todo el sistema de software desde una determinada perspectiva establecida por los involucrados en el desarrollo de la FSS [16]. Cada uno de estos puntos de vista son el inicio para identificar el Núcleo (o *Core* en inglés) de artefactos que permitirá el camino más eficiente

para producirlos porque contiene los mecanismos para expresar las vistas. En otras palabras, su despliegue depende de los componentes estructurales proporcionados por las vistas en el *Esquema*, que posteriormente se implementan en la *Plantilla*, que no es más que la colección de todos los activos definidos en él. Adicionalmente, **IMFS & VCD** se fundamenta en la perspectiva de calidad de software del dominio planteada por Losavio y Matteo [17], e incluye las técnicas para transformaciones de modelos del enfoque de Ingeniería de Modelos guiadas a través del estándar MDA (*Model Driven Architecture*).

#### 6. RESULTADOS

En esta sección describimos los resultados de la validación del proceso en sus primeras fases, particularmente para realizar las transformaciones de Ingeniería de Modelos para el Esquema de Fábricas de Software con el uso una Vista de Calidad del Dominio (IMFS & VCD) presentado en [4].

Los SIS representan a un importante sector de la economía en los países latinoamericanos [18]; en el caso de Venezuela principalmente, tanto el sector de salud pública como el privado deben mejorar sus tecnologías para lograr la competitividad ante el mercado mundial [10]. Por otro lado, es imprescindible que se cuente con la creación y el acceso a bases de datos de especialistas tanto nacionales como internacionales para lo que la portabilidad es el Requisito de Calidad (RC) y que, además, se puedan realizar las interconsultas con las HCE de los pacientes estando estas disponibles en tiempo real por lo cual también la disponibilidad debe considerarse como atributo del RC de Confiabilidad. Entonces, basado en lo expuesto anteriormente se aplicó el proceso IMFS & VCD mostrado en la Figura 1.

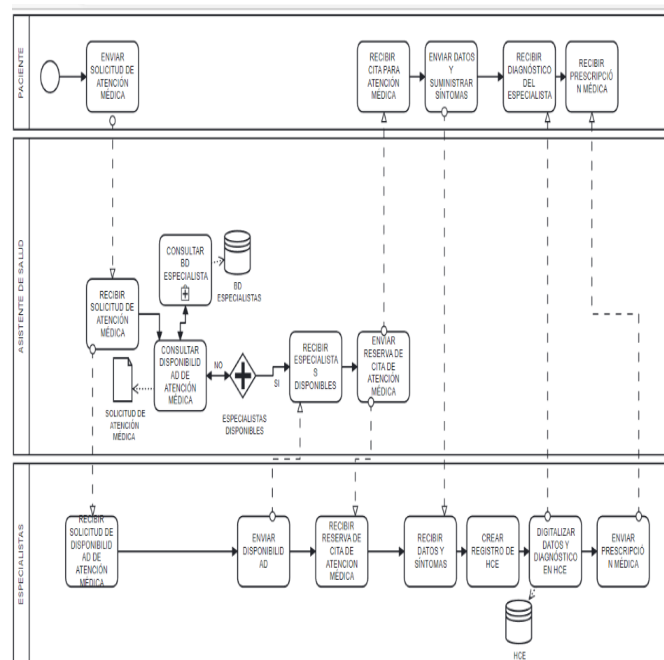


Figura 1: Modelo de Negocio SIS usando BPMN (Modelo Origen)

Se realizó la construcción del Modelo de Caso de Uso para el SIS resultante del proceso de transformaciones nivel M2M (Transformación Modelo a Modelo), derivado del Modelo de

Negocio Origen considerando las reglas de transformación de la Figura 1, obteniéndose el modelo destino derivado de la aplicación de las mencionadas reglas (ver Figura 2).

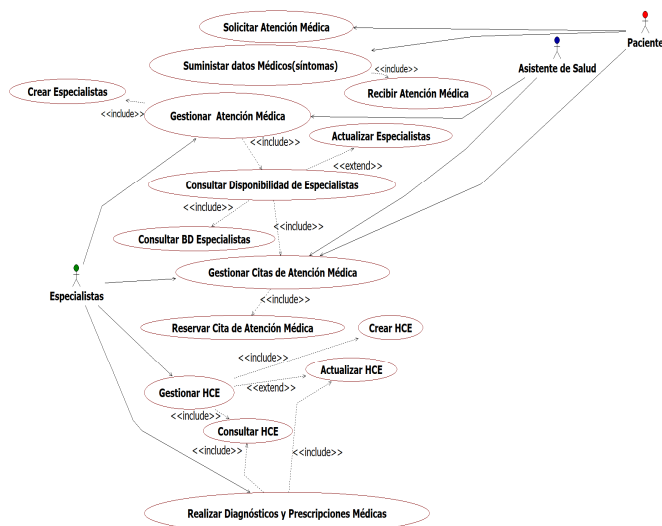


Figura 2: Modelo de CU-SIS (Modelo Destino)

## 7. LOGROS ALCANZADOS

Los SIS representan en la actualidad la una herramienta para ofrecer y disponer de servicios de atención médica, de forma inmediata, segura y en cualquier lugar donde un paciente se encuentre. Venezuela, aunque ha dado pasos para la implementación de infraestructura tecnológica de vanguardia que soporte diversos procesos de la nación, en los que por supuesto se incluyen los procesos relativos a la salud pública, sigue sin cubrir lugares equidistantes a las grandes ciudades. Sin embargo, con la implementación de los SIS tanto en las instituciones públicas como las privadas (que llevan grandes adelantos al respecto), se está incluyendo a mayor cantidad de población en el acceso a servicios sanitarios, lo que hoy en día ha ganado mayor importancia. La aplicación del proceso IMFS & VCD para la obtención de la AR para los SIS, representa un aporte de vital importancia para incrementar las múltiples ventajas de la Telemedicina, ya que con un detallado procedimiento basado en un enfoque Top-Down se establece un desarrollo incremental y partiendo principalmente del estudio y conocimiento específico de las características de este dominio, tomando como referencia prioritaria el manejo de las HCE, de acuerdo a esto, y utilizando este proceso se puede garantizar aspectos de calidad que deben satisfacer los componentes de arquitectura de los SIS para favorecer ampliamente sus servicios y operaciones. Es así como se presentó en este trabajo los avances en la validación del proceso IMFS & VCD, como objetivo final, obteniéndose el modelo de negocio origen y su transformación M2M en Modelo de CU para posteriormente establecer los RC para conformar la AR.

## REFERENCIAS

- [1] S. Monraz-Pérez A. Pacheco-López, A. Castorena-Maldonado, R. Benítez-Pérez, I. Thirión-Romero y E. López-Estrada. Telemedicina durante la Pandemia por COVID-19. *Neumol Cir Torax*. (2);, 2021. <https://www.medigraphic.com/pdfs/neumo/nt-2021/nt212j.pdf>.
- [2] S. Shortell, R. Gillies, D.A. Anderson et al. *Remaking Health Care in America*. 1ª ed. San Francisco: *The Jossey-Bass Health Care Series*; 1996.
- [3] D. Chueke. Panorama de la Telemedicina en América Latina. <https://docplayer.es/21791526-Panorama-de-la-telemedicina-en-america-latina.html>.
- [4] J. Rabanales Sotosa, I. Párraga Martínez, J. López-Torres Hidalgo, F.A. Pretela y B. Navarro. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: Telemedicina. *Rev Clin Med Fam*, vol.4, no. 1, pp. 42-48. ISSN 2386-8201. 2011.
- [5] H. Arrechdera, A. Fernández y M. Fariña. SOS Telemedicina: La Experiencia de la Universidad Central de Venezuela. Octubre 2013. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_vit/article/view/5453](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_vit/article/view/5453).
- [6] A. Arraiz, F. Losavio y A. Matteo. Esquema para Fábricas de Software con un Modelo de Vista de Calidad del Dominio. Tercera Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas/CoNCISa ISBN: 978-980-7683-01-02. Octubre 2015.
- [7] IEEE 1471-2000. *IEEE Standards Board, IEEE Recommended Practice Architectural Description of software intensive Systems* 2000.
- [8] A. Arraiz Goicochea y V. Esteller. Del Esquema de Fábricas de Software a una Arquitectura de Referencia por medio de las Transformaciones de Modelos (IMFS & VCD), *rimci*, vol. 5, no. 10, pp. 13-31, julio 2018.
- [9] F. Losavio, O. Ordaz y I. Santos. Proceso de Análisis del Dominio Ágil de Sistemas Integrados de Salud en el Contexto Venezolano. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 12(1), pp. 101-134, ISSN: 1690-7515. 2015. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=82338020005>.
- [10] F. Losavio, O. Ordaz, and V. Esteller. *Quality-Based Bottom-Up Design of Reference Architecture Applied to Healthcare Integrated Information Systems. Proceedings - International Conference on Research Challenges in Information Science*. 2015.
- [11] J. Herrera, F. Losavio, and O. Ordaz. *Product Line Scoping for Healthcare Information Systems Using the ISO/IEC 26550 Reference Model*. Revista Venezolana de Computación. vol. 3, no. 1, 2016.
- [12] F. Losavio and O. Ordaz. *Reference Architecture Representation by an Ontology for Healthcare Information Systems Software Product Line*. IV Simposio Científico y Tecnológico en Computación, ISBN: 978-980-12-8407-9. 2016.
- [13] Monitor de Salud Programa de Monitoreo y Respuesta para COVID-19. Reporte situacional 1. <http://conviteac.org.ve/wp-content/uploads/2020/05/Monitor-de-Salud-1.pdf>.
- [14] J. Márquez. Teleconsulta en la Pandemia por Coronavirus: Desafíos para la Telemedicina Pos-COVID-19. *Rev Col Gastroenterol* vol. 35, supl. 1 Bogotá, Diciembre 2020. <https://doi.org/10.22516/25007440.543>.
- [15] Ley de Telesalud, Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela no. 6.207, 28 de diciembre de 2015.
- [16] *The Open Group. Developing Architecture Views. Introduction*. <http://www.opengroup.org>. 2002.
- [17] F Losavio and A.Matteo. *Reference Architecture Design Using Domain Quality View*. *Journal of Software Engineering & Methodology*, vol. 3, no. 1, 2013.
- [18] G. Basile y A. Hernández-Reyes. Refundación de los Sistemas de Salud en Latinoamérica y el Caribe: Apuntes para Repensar y Descolonizar las Teorías y Políticas. 2021. <https://www.clacso.org/refundacion-de-los-sistemas-de-salud-en-america-latina-y-el-caribe/>.