

# Technological surveillance and proposal of an architecture oriented to services, applied to the improvement of the ambulance service emergency

Eldar Favian Logreira González MSc(c)  
Universidad Autónoma de Bucaramanga  
Bucaramanga, Santander, Colombia  
flogreira@gmail.com

Eduardo Carrillo Zambrano PhD  
Universidad Autónoma de Bucaramanga  
Bucaramanga, Santander, Colombia  
ecarril@unab.edu.co

**Abstract**— this article describes an overview of the technologies applied on mobile health in the hospital emergency service in the last five years, taking a first approach on how to deal with the problematic of ambulance service for chronic patients, that need a preferential care; supporting the improvement in pre-hospital assistance, executed at the moment of the emergency.

The aforementioned is used as a technological surveillance tool to find feasible options, bringing up an architecture oriented to services that allows an easier communication between systems through a mobile platform; with this, the patient will be able to sign in, to register, to report, to inform, to connect immediately with his health care provider, generating an alarm and an emergency call to an ambulance, proportioning the necessary data for getting the attention as quick as possible and efficiently.

**Keywords** — *Technological Surveillance; Pre-hospital Emergency Service; Architecture Oriented to Services; SOA.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los servicios de emergencia pre-hospitalario son aquellos que se ejecutan para estabilizar a una persona antes de ser atendidos en una entidad de salud, estos se convierten en parte fundamental del tratamiento para restablecer la salud del paciente y de esto depende la recuperación rápida o tardía, ya que tiene gran efecto en la salud para que no existan daños colaterales a causa de tiempos de respuesta tardíos. Estos tiempos dependen de una cadena de pasos que se accionan al momento de ocurrir la emergencia, en primera instancia se realiza el aviso a la entidad de salud para realizar la solicitud del servicio de ambulancia la cual es la encargada de ejecutar el tratamiento pre-hospitalario, una vez la entidad de salud ha validado la situación y la necesidad del servicio este es enviado para ser ejecutado el tratamiento y así solventar la situación. Ya validado el servicio de ambulancia este se dirige al lugar y realiza la estabilización del usuario para realizar el transporte a la entidad de salud para aplicar el tratamiento necesario para la recuperación del paciente.

En este artículo describe un panorama general de las tecnologías aplicadas a mobile health en el área de servicio de emergencia hospitalario en los último 5 años, dando una aproximación para abordar la problemática en la petición o

solicitud de ambulancias para pacientes en estado crónico, que necesiten un cuidado preferencial, que aporta a la mejora en la atención pre-hospitalaria ejecutada en el momento de la emergencia.

Se utiliza como herramienta la vigilancia tecnológica para encontrar opciones viables, y plantear una arquitectura orientada a servicios que permita la fácil comunicación entre sistemas a través de una plataforma móvil, en donde el paciente tendrá la capacidad de registrar, informar y conectar de manera inmediata con la entidad de salud, generando una alarma y un llamado a la ambulancia proporcionándole los datos necesarios para que la emergencia sea atendida de manera rápida y eficiente.

A continuación, se describe en el documento los resultados de la vigilancia tecnológica realizada, el estudio del problema, los afectados e interesados del proyecto, los diseños de la solución arquitectónica orientada a servicios los cuales son la base para la realización del prototipo y da respuesta a la problemática.

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

Existen métodos sofisticados para la monitorización ambulatoria a distancia, se han visto soluciones móviles desarrolladas en los países bajos y en Australia. Estos miden las bioseñales de un paciente por medio de sensores en el cuerpo que envían datos remotamente a un dispositivo móvil. Pueden manejar alertas, transmitir de forma inalámbrica enlaces de comunicación remota con una ubicación para que estos datos puedan ser leídos por un profesional. Con esto se puede mantener una monitorización constante de pacientes con estado de salud delicados los cuales requieran de una atención constante y personalizada. **iCare** “es un sistema de monitorización para personas de la tercera edad. Consiste en utilizar sensores el cuerpo y teléfonos inteligentes para monitorear el bienestar de la persona mayor, utilizando monitorización remota en cualquier momento y lugar, proporcionando servicios a la medida en base a la persona y su condición de salud. También actúa como sistema de información personal, y el médico personal puede estar conectado a la plataforma para vigilar al paciente”. [2]

A este tipo de sistemas se le conoce como **mHealth** que se basa en el uso de dispositivos móviles en el campo de la salud. Esto cambia la perspectiva en la prestación de asistencia sanitaria en todo el mundo debido a su accesibilidad y disponibilidad en el momento adecuado. Con la proliferación del uso de teléfonos inteligentes en todo el mundo, muchas aplicaciones se desarrollan en pro del cuidado personal de la salud. Se han visto apps para la reducción del tabaquismo entre los fumadores. Diversas intervenciones como SMS, el seguimiento de los progresos, las distracciones, los chats de pares y otros están siendo proporcionados a los usuarios a través de aplicaciones para teléfonos inteligentes para realizar un control para evitar el uso del cigarrillo. En este trabajo se presenta una revisión sistemática que analiza las aplicaciones de los teléfonos móviles, de los abandonos de fumar. La síntesis de los diversos conceptos dentro de la literatura sobre las paralizaciones fumadores que utilizan teléfonos móviles ofrece una visión más profunda de la que emerge del paisaje mHealth. [4]

Una búsqueda en PubMed utilizando las palabras claves mHealth, salud móvil, países bajos y de ingresos medios, y países en desarrollo, aparecen 427 artículos, si se filtran por los últimos 5 años aparecen 72 artículos que hablan de aplicaciones para móviles de diagnóstico y tratamiento de variedad de enfermedades como el cáncer, VIH, epilepsia, diabetes, insuficiencia renal, aplicaciones para radiología oftalmología, dermatología, pediatría, trastornos mentales, etc. Algunos artículos se centraron en el manejo de los factores de riesgo, promoción y prevención como por ejemplo la hipertensión, el control glucémico, la inmunización, el cambio de comportamiento de la salud infantil y salud sexual. Del mismo modo otros estudios analizaron el impacto de la telefonía móvil tecnológicas en diferentes países y regiones, mientras que otros trabajos describen más aplicaciones de salud en línea generales y telemedicina. [3]

A través de esto se puede plantear un esquema de negocio digital que aporte a la sociedad de manera progresiva y que a su vez plantea una solución al desarrollo de las empresas del área de la salud, dando respuesta a la necesidad de las personas y de los sistemas. Generando un modelo de negocio que cree, entregue y capture valor, mejorando los servicios de emergencia de ambulancias, atención al cliente, tiempos de respuesta, reduciendo costos.

### III. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Una parte fundamental de estos sistemas es el servicio de ambulancias, donde este desempeña varias funciones como la movilidad del paciente que se encuentra en estado crítico, la revisión previa del paciente y la estabilización del mismo. Actualmente a través de las tecnologías móviles se pueden apoyar estas áreas, y dar herramientas que permiten un mejor desarrollo de estos procesos para las entidades de salud. Evitando inconformidades en el servicio por parte de los

usuarios como, atención inoportuna, tratamientos prehospitalarios incorrectos causando sobrecostos en el sistema de salud, tutelas, demandas y procesos legales que puedan incurrir por procesos mal ejecutados.

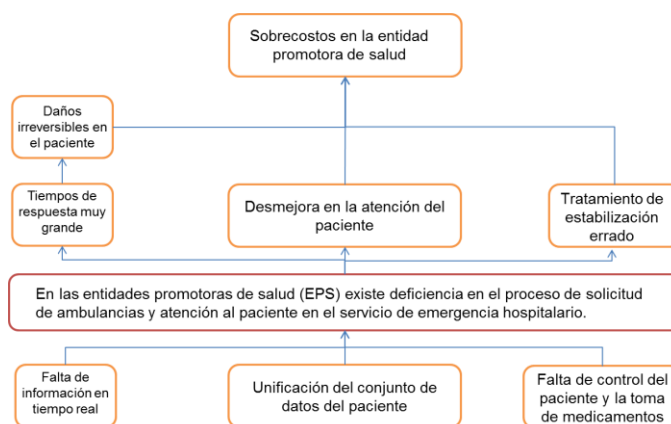


Fig. 1. Árbol del problema.

La presente investigación tiene como finalidad contribuir a la mejora del servicio de ambulancia, desde la parte inicial de la realización del pedido, los tramites que hay que validar para realizar el proceso, la mejora en los tiempos de gestión, la fiabilidad de los datos del paciente, la ayuda como herramienta para los paramédicos que atienden la emergencia, la reducción de costos para las organizaciones prestadoras de salud. Todo esto para pacientes diagnosticados con alguna enfermedad crítica y se han pacientes prioritarios.

### IV. METODOLOGÍA

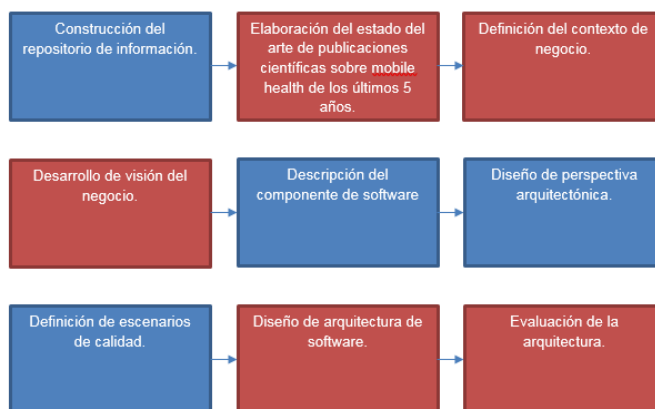


Fig. 2. Metodología.

#### A. Construcción de repositorio de información

Esta actividad tuvo como propósito acceder a las diferentes fuentes de información disponibles en bases de datos como PubMed, Google Scholar, Cochrane Library, WHO (World

Health Organization) con las palabras claves: mobile health, mhealth, ehealth, electronic health, y M-health, recuperando los artículos de interés para el desarrollo del proyecto. Esto con el fin de crear el repositorio de datos para generar la información necesaria para realizar la vigilancia tecnológica y analizar el estado del arte que servirá de apoyo y estudio para la creación de la arquitectura.

**B. Elaboración del estado del arte de publicaciones científicas sobre mobile health de los últimos 5 años**

El desarrollo del estado del arte permitió tener un panorama claro de los proyectos tecnológicos sobre mobile health han sido desarrollados a nivel internacional, como tema principal los servicios de emergencia en el área de la salud. El objetivo de esta etapa fue analizar las diferentes aplicaciones de la tecnología y su influencia en el área.

**C. Definición del contexto de negocio**

Esta actividad permitió definir las necesidades del negocio y restricciones para el desarrollo del proyecto. A través de esta se crea un modelo canvas, que permite visualizar el negocio y la viabilidad de este. Muestra una perspectiva o panorama general de la situación y refleja las necesidades actuales del mercado, y dar respuesta respecto a esto. Se ve la necesidad, se crea la oportunidad para atacar el mercado, se realiza una primera inspección de los recursos necesarios y se genera la propuesta valor a través de este análisis.

**D. Desarrollo de visión del negocio**

La visión del negocio permite identificar el estado deseado del negocio. Se crea un punto de referencia el cual alcanzar como meta que resuelva las necesidades y cubra los eventos adversos o puntos críticos que puedan ser ocasionados en el transcurso del proyecto. Se necesita una visión clara del negocio para que la arquitectura se adecue a ella. Es parte fundamental para el desarrollo de la arquitectura empresarial. Se parte desde la visión y misión del negocio.

**E. Descripción del componente de software**

En este punto se definieron los componentes y servicios que debe describir la arquitectura. Se realiza un estudio de los procesos involucrados en el problema y en base a esto se realiza un diagrama de capas para identificar los cambios a realizar del proceso. Cada capa refleja los 4 dominios de la arquitectura, de esta manera se armonizan las partes y los procesos involucrados para dar una solución óptima conforme a la necesidad.

**F. Definición de escenarios de calidad**

Son los escenarios de calidad que permiten definir las condiciones en las que el sistema debe dar respuesta correcta y oportuna de acuerdo con los atributos de calidad. Esto da la posibilidad de determinas los posibles escenarios y prever la mayoría de situaciones posibles que puedan dañar el flujo correcto del sistema.

**G. Diseño de la arquitectura de software**

Documentar las actividades anteriormente desarrolladas.

**H. Evaluación de la arquitectura**

Se diseña y aplica la estrategia de pruebas. A través de los escenarios de calidad generados y los procesos documentados se realizan las pruebas sobre estos para revisar que se cubran las necesidades y se cumplan los procesos a cabalidad.

**V. RESULTADOS**

A continuación, se provee una vista arquitectónica de la solución de interoperabilidad propuesta, contiene diferentes perspectivas para satisfacer los requerimientos del cliente.

En las vistas se incluye casos de uso, vista lógica, despliegue y datos, además de los atributos de calidad, escenarios de calidad, requerimientos funcionales. Estos elementos permiten la toma de decisiones que impactan el ciclo de vida del producto y permite la comunicación con los interesados del proyecto. A continuación, se muestra el modelo “4+1” en donde se muestra en que sección se analizan sus diferentes partes:



Fig. 3. Modelo 4+1

**A. Vista de procesos**

A continuación, se describe el **modelo de negocio** a través de la metodología canvas:

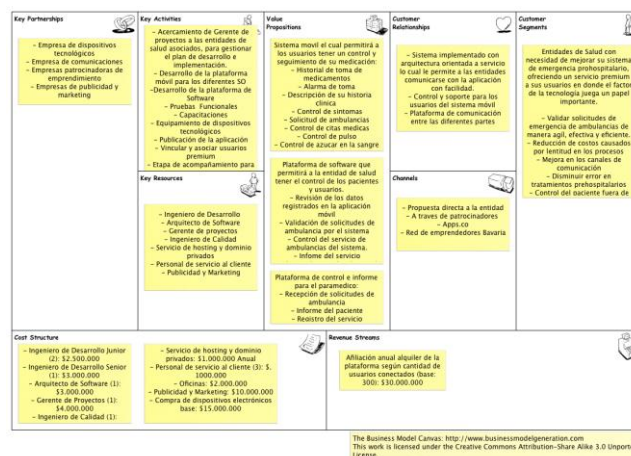


Fig. 4. Modelo Canvas

El proceso de solicitud de ambulancia tiene como propositivo permitirle al usuario o paciente acceder al servicio de manera

oportuna, independiente de su ubicación. Permitiendo una asignación del servicio de manera ágil y eficaz.

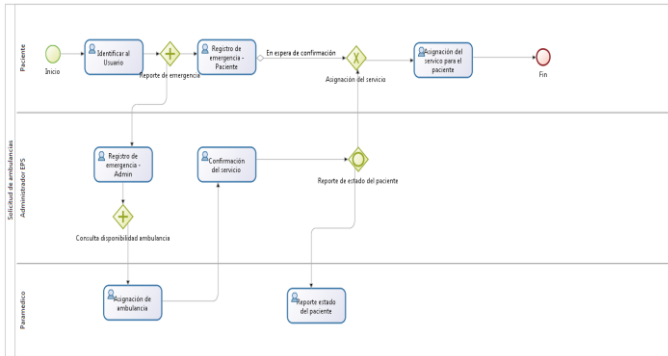


Fig. 5. Proceso de negocio

A su vez permite que toda la información fluya de manera continua para que la información sea fiable, y llegue en el momento adecuado para solventar la situación de emergencia por parte de la entidad de salud.

### B. Vista de escenarios

A continuación, se muestra el caso del sistema uso correspondiente al proceso de negocio.

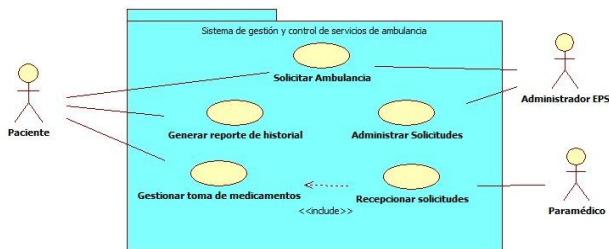


Fig. 6. Caso de uso del sistema

**Solicitar ambulancia:** Este caso de uso permite realizar la petición del servicio de emergencia de ambulancias, validando el usuario que realiza la petición, almacenando y llevando la petición de emergencia a la entidad de salud relacionada con la descripción descrita por el usuario.

**Administrar Solicitudes:** En este caso de uso se administran todas las peticiones que llegan, se validan y se dan gestión para dar pronta respuesta. Dando asignación y gestión de la ambulancia con los elementos requeridos e información necesaria para dar solución a la emergencia.

**Recepcionar solicitudes:** Se muestran las solicitudes asignadas donde se accede a toda la información para resolver la emergencia, localización, descripción de la situación, estado del paciente y antecedentes de este.

**Gestionar toma de medicamentos:** En este el paciente mantiene el control de la toma de medicamentos y maneja alertas para tener gestión sobre estos. Igualmente, esto proporciona al sistema de emergencia datos de la dosificación

y tiempo en que tomo estos, para dar un tratamiento adecuado a las necesidades del paciente en el momento de la emergencia.

**Generar reporte de historial:** Reporte con la descripción del historial médico, y tratamiento establecido.

### C. Vista lógica

Para el desarrollo del problema planteado se utiliza el ciclo ADM de la metodología de TOGAF para realizar el análisis del contexto de negocio (Fase preliminar y Fase A) y parte de la definición de la arquitectura (Fase B, C y D) siendo estas las de intereses al proyecto, se plantean las siguientes vistas de la arquitectura. (Observar Fig.7 Punto de vista por capas).

En la vista por capas se encuentra dividida en tres secciones: Negocio, Sistemas de información y tecnología.

### Arquitectura de negocio

**Paquete de roles y usuarios:** Este contiene los roles y usuarios que intervienen en la arquitectura propuesta.

**Paquete de servicios externos:** Este muestra la interacción de los usuarios con los procesos de negocio externos, con los que interactúa el usuario de manera directa.

**Consulta de diagnósticos:** Es el servicio por el cual cada paciente tiene el registro de diagnósticos realizados por la entidad de salud.

**Consulta de medicamentos:** Es el servicio por el cual el paciente puede ver que medicamentos le han prescrito, con su dosificación y efecto de este.

**Registro y control de toma de medicamentos:** Con este servicio el paciente puede tener un control sobre los medicamentos que se encuentra tomando, la hora en que realiza esto y puede registrar alarmas que recuerden el momento.

**Solicitud de ambulancias:** Es el servicio central, en el que cuando ocurra una emergencia, se puede solicitar una ambulancia de manera inmediata, puede registrar el evento que ha sucedido y realizar la petición del servicio.

### Arquitectura de sistemas de información y datos

**Paquete de servicios de aplicación:** Estos son los servicios que son alimentados por los sistemas de información o aplicaciones como ERP y CRM. En este caso suplen la necesidad de los servicios externos o de negocio que son consumidos por los usuarios para gestionar los datos de paciente y peticiones de emergencia.

**Servicio de diagnóstico:** Este servicio se comunica con la aplicación para comunicarse con las aplicaciones del nivel de negocio, ayuda a la gestión de los diagnósticos que tiene un paciente respectivo.

**Servicio de posologías:** Este ayuda para ver la dosificación del medicamento, comunicación con la aplicación que hace parte de la capa de negocio.

**Paquete componentes de la aplicación:** Se encuentran los sistemas de información internos, en donde permanecen la unión de los datos registrados por las entidades como por los usuarios. Igualmente se encuentra el núcleo de administración

para las diferentes entidades de salud, donde se gestionan sus usuarios y la información relacionada con estos.

### Arquitectura tecnológica

En esta capa se gestiona la comunicación entre las diferentes entidades de salud, se crea un bus de servicios, para poder gestionarlos, administrarlos y tener control total de los servicios.

Su función es transportar mensajes entre los elementos de la infraestructura SOA, soporta los múltiples protocolos para el transporte de los mensajes (SOAP, e-mail) y ofrece funciones de seguridad en los mensajes transportados.

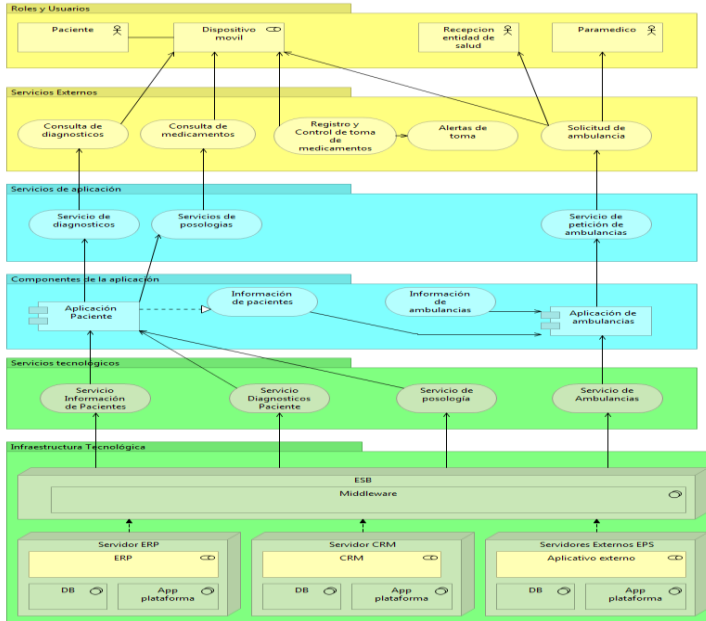


Fig. 7. Punto de vista por capas

#### D. Vista de despliegue (Requerimientos de calidad)

**Interoperabilidad:** La arquitectura debe proporcionar las interfaces necesarias para los sistemas de información de las entidades de salud puedan acoplarse y desarrollar su bróker de comunicación.

**Disponibilidad:** El bróker, es un sistema de información de importancia, su falta de disponibilidad evita la interacción de los sistemas, de tal manera es necesario que la disponibilidad del sistema del 99.9%, lo que significa que el tiempo máximo de caída durante el año es de 8 horas y 46 segundos. En caso de presentarse fallas el sistema puede avisar al administrador de manera rápida acerca del fallo. Con el manejo del bus de servicios, se obtiene un control de los servicios activos y su consumo, lo cual permite gestionar de manera óptima en caso de presentarse fallas.

**Seguridad:** Los sistemas comparten información del paciente deben autenticarse en la plataforma el 100% de las veces que acceden a consumir un servicio por medio de un sistema de seguridad asimétrico.

Se debe ejecutar copias de seguridad de la información persistente cada hora para su posterior recuperación en caso de fallos.

Dentro de la seguridad para el acceso a la plataforma se encuentra un sistema de login para cada usuario con su respectivo rol, en caso de 5 intentos fallidos, bloque el acceso al usuario y envía mensaje de alerta respectivo.

Se realizan mecanismos de defensa para evitar ataques de sql injection a la base de datos.

**Rendimiento:** El sistema debe soportar 1000 sesiones concurrentes sin perder el tiempo de respuesta (inferior o igual a 3 segundos) el 98% del tiempo.

En caso de presentarse problemas producto de errores por el usuario, el sistema debe alertar a este en 5 segundo o menos después de ocurrido el evento.

## VI. EVALUACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

### Prototipo de Software

El prototipo de software se realiza para hacer el proceso de experimentación, que tiene como finalidad la realización del proceso de solicitud de ambulancias. El prototipo se realizó en entorno web, como lenguaje de programación PHP y base de datos MariaDB. El framework de desarrollo es Symfony2, el cual es robusto y confiable para aplicaciones que requieran de alta seguridad y escalabilidad.

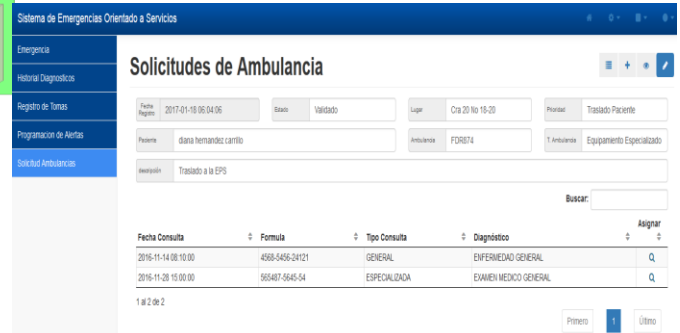


Fig. 8. Prototipo

<b>Objetivo:</b> Desarrollar funcionalidades para el proceso de solicitud de ambulancia.		<b>Responsable:</b> Eldar Favian Logreira Gonzalez	
<b>Descripción del experimento:</b> El experimento permitió construir una aplicación web que realiza la petición del servicio de ambulancia, la recibe la vista de administración de la entidad y es dirigida hacia la ambulancia designada con los datos e información para atender la emergencia.			
<b>Duración:</b> 30 días			
<b>Recursos humanos:</b> Desarrollador			
<b>Recursos de hardware:</b> Servidor Linux, Estación de trabajo macbook pro 13", Router			
Resultados			
Proceso	Servicios	Tecnologías	Resultados
Solicitud de ambulancias	EnvioSolicitud.wsdl: Este servicio permite a cualquier sistema de información realizar la solicitud	<b>Webservice:</b> SOAP	Genera la petición del servicio de manera óptima y es recibida de manera inmediata por el administrador de la entidad.
Consultar peticiones de emergencia	ConsultarPeticones.wsdl: Este servicio proporciona los datos necesarios para atender la emergencia, estado del paciente.		Se reciben los datos de manera correcta a través del servicio, para que el paramédico pueda actuar según la situación
<b>Recomendaciones:</b> Para realizar una versión funcional del prototipo de software, se debe tener en cuenta el desarrollo de la fase de requerimientos, análisis y diseño. Como se muestra en el documento de arquitectura de software, los servicios y aplicaciones de la plataforma de interoperabilidad deben estar desplegados en una arquitectura de alta disponibilidad.			

Todo esto es construido en base a la arquitectura planteada en la figura 7 en donde está fundamentada el proceso del negocio. Esto ayuda a optimizar el proceso, evitar trastornos en el paso a paso y da información fiable a la entidad de salud y al paramédico que resuelve la situación, evitando inconformidades en el servicio ayudando a salvaguardar la vida del paciente.

### Evaluación con el método The Architecture Tradeoff Analysis Method.

A continuación, se presenta el árbol de utilidad producto de la evolución y priorización de escenarios de calidad. Las hojas del arbol estan priorizadas en dos dimensiones que son la importancia para el éxito del sistema y el grado de dificultad para completar el escenario. Cada variable se mide es una escala (High / Medium / Low) prioritaria para los escenarios (H,H).



Fig. 9. Árbol de utilidad

## VII. CONCLUSIONES

Es de gran importancia realizar actualizaciones tecnológicas en el área de los servicios de emergencia de ambulancias. En

el documento se presentan algunas tecnologías relevantes respecto al tema, pero es un área desabastecida. Con el aumento de la tecnología y la facilidad de los dispositivos móviles, se podría llegar a un alcance mucho mayor.

Se desarrolló una arquitectura de software teniendo como base los estándares de ingeniería de software, esta contiene los análisis del negocio, requerimiento de alto a nivel a partir de este, vistas y modelos necesarios para la implementación. Se plantearon los diferentes escenarios y procesos involucrados con el servicio de emergencia de ambulancias, se plantearon a través de los 4 dominios de arquitectura para mejorar la interacción entre las capas y a su vez se realizó el análisis de los servicios a crear para realizar una comunicación efectiva entre la entidad de salud y el usuario. La arquitectura diseñada orientada a servicios da la facilidad de comunicar cualquier sistema a la plataforma que interactúa con el usuario de manera rápida y oportuna ante cualquier eventualidad.

Se implementó un servicio de comunicación en donde la entidad de salud transmite los datos de las fórmulas de los pacientes usuarios, el servicio de solicitud de ambulancias y consulta de peticiones. La arquitectura orientada a servicios permite que el proceso de comunicación sea rápido y eficaz, aportando al sistema la capacidad de mejorar los procesos de negocio involucrados. El sistema adaptable según el dispositivo permite que no tenga limitaciones respecto a estos y pueda ser utilizado de manera inmediata en caso de emergencias.

Se implementó un prototipo de arquitectura que implementa funcionalidades expuestas en la plataforma, y que sirven de punto de partida para realizar un proceso de implementación completo. Este resultado permite comprobar que la arquitectura orientada a servicios es pertinente y facilita la implementación con las diferentes entidades de salud, para las múltiples plataformas que se puedan aplicar.

La arquitectura presentada sirve como punto de partida para la construcción de una solución para los servicios de emergencia prehospitalarios en las solicitudes de ambulancia basándose en pacientes con enfermedades crónicas o que necesiten atención inmediata respecto a una emergencia. Se tiene en cuenta que se abre un canal de comunicación directo entre paciente y la entidad de salud, la cual permite cerrar varias brechas, solventando necesidades primarias en el servicio de atención prehospitalario. Sin embargo el desarrollo de un producto que pueda ponerse en práctica requiere de la ejecución de las demás fases del ciclo de vida, como vincular a todos los actores que están vinculados al sector salud para reunir un análisis mayor de la especificación de requerimientos y por supuesto una implementación que solucione los requerimientos funcionales específicos.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

[1] M.-J. P.-K. Ambulance Services, London: Springer, 2015.  
 [2] Z. L. . F. X. G. W. . L. Y. y Z. C. , «iCare: A Mobile

Health Monitoring System for the Elderly,» *Dalian University of Technology*, 2010.

- [3] D. M. Lopez, «mHealth in Low and Middle Income Countries: Status, Requirements and Strategies,» *Universidad del Cauca*, 2012.
- [4] G. K. A. S. K. F. y R. P. , «mHealth for smoking cessation programs,» *Journal of Personalized Medicine*, pp. 412-423, 2014.
- [5] IBM.
- [6] R.-G.-O. Arnon , *SOA Components*, 2006.
- [7] J. I. Valenzuela, J. C. Camacho, A. Arguello, J. G. Cendales y R. Fajardo, «Percepciones de los trabajadores del sector salud frente a internet y las tecnologías móviles en Colombia,» *Panam Salud Publica*, pp. 367-374, 2009.