



Prueba piloto de un software para el telemonitoreo de signos vitales en pacientes COVID-19 de la UCI del Centro Médico Crecer

**Indira Leonor Arrieta Peñalver
Niyana Ruiz Llorente**

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Cartagena, Colombia
2021

Prueba piloto de un software para el telemonitoreo de signos vitales en pacientes COVID-19 de la UCI del Centro Médico Crecer

**Indira Leonor Arrieta Peñalver
Niyana Ruiz Llorente**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Biomédico

Director (a):

María Isabel Arteaga Orozco, Ph.D

Codirector (a):

Oscar Pablo Porto Solano, M,Sc

Línea de Investigación:

Telemedicina

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Cartagena, Colombia

2021

A Dios, quien ha guiado nuestro proceso.

Dedicado a Dios y a mi familia.

Wilson Ruiz, Ana Llorente, Niyiseth Ruiz, Ana Ruiz y Bruno Javier.

Niyana Ruiz

Primeramente, a Dios por darme la oportunidad y los conocimientos para llevar a cabo este proceso, como segundo a mi mama Indira Peñalver que con esfuerzos y sacrificio me ayudo a llevar a cabo esta realidad en mi vida, a mis hermanos y familiares que cada día me motivaron a seguir adelante.

Indira Arrieta

Agradecimientos

Principalmente agradecerle a Dios por ser el pilar y guiarnos en nuestro proceso. También deseamos expresar nuestro agradecimiento al profesor y amigo que en todo momento estuvo apoyándonos; el Ingeniero **Oscar Pablo Porto Solano**, por la confianza, apoyo, dedicación y tiempo que ha brindado a este trabajo, muchas gracias.

También, al Centro Médico Crecer por permitir la realización de este proyecto, a la Universidad Antonio Nariño y su profesorado por el amplio conocimiento brindado a lo largo de estos 5 años, por habernos instruido, guiado y orientado. En especial a los profesores **María Isabel Arteaga Orozco** y **Gilberto Perpiñán** por acompañarnos en este proceso.

Por último, a nuestras familias y amigos que en todo momento nos apoyaron y bendijeron con su oraciones y buenos deseos.

Resumen

La crisis mundial sanitaria por coronavirus (COVID-19) apareció a finales de 2019 (OMS, 2021) de manera inesperada ante el mundo, dejando en primera línea de riesgo al personal de salud. Es por esto, que la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del Centro Médico Crecer se ha adaptado para enfrentar esta crisis mundial sanitaria. Sin embargo, el acceso a la información de los signos vitales de los pacientes ha afectado al personal médico y asistencial, debido a la exposición por el contacto directo entre paciente-medico. Por esta razón, el objetivo del proyecto es la realización de un software piloto de telemonitoreo, que permite la representación de los signos vitales (saturación de oxígeno, temperatura, presión arterial no invasiva y frecuencia cardiaca) de un paciente en un aplicativo móvil. El sistema de telemonitoreo se realizó en tres fases: En la primera, se diseñó el software para la obtención de datos provenientes del monitor de signos vitales y para las pruebas se utilizó el modo DEMO del equipo; en segunda instancia, se diseñó una interfaz de usuario para la visualización de los datos obtenidos, por último, se creó un módulo que muestra las alarmas cuando el paciente tiene alteraciones en el rango normal de los parámetros descritos. En este último ítem, se generaron variaciones en los valores de la gráfica para poder originar alarmas dado que el modo DEMO no considera los signos vitales de pacientes en estado crítico.

Para el desarrollo de esta herramienta se tomó como guía la metodología de Programación Extrema (XP), que se caracteriza en la retroalimentación continua entre el cliente y el equipo de trabajo, teniendo en cuenta el tiempo para la ejecución del proyecto, como también la emergencia sanitaria causada por la COVID-19.

Finalmente, se obtuvo una aplicación móvil, en la cual se visualizan 4 gráficas referentes de los signos vitales. Además, cuenta con un sistema de alarmas, y un tiempo de despliegue de la información estimada en 1.5 segundos.

Palabras clave: Telemedicina, telemonitoreo, UCI, signos vitales, coronavirus, COVID-19.

Abstract

The global health crisis due to coronavirus (COVID-19) appeared at the end of 2019 (WHO, 2021) in an unexpected way before the world, leaving health personnel at the forefront of risk. This is why the Intensive Care Unit (ICU) of the Crecer Medical Center has adapted to face this global health crisis. However, access to information on the vital signs of patients has affected medical and care personnel, due to exposure due to direct contact between patient-doctor. For this reason, the objective of this project is to carry out a pilot telemonitoring software, which allows the visualization of vital signs (oxygen saturation, temperature, non-invasive blood pressure and heart rate), which will be displayed through a mobile application that was carried out in three phases.

First, the software was designed to obtain data from the vital signs monitor, it should be said that to obtain data, the vital signs monitor was used in DEMO mode. In the second instance, a user interface was designed to visualize the data obtained, and, finally, a module was created that shows the alarms when the patient has alterations outside the normal range, in which the values in the graph were altered to be able to cause the alarm since the DEMO mode does not have the vital signs of patients in critical condition.

For the development of this tool, the XP methodology was taken as a guide, which is based on continuous feedback between the client and the development team, taking into account the time for the execution of the project, as well as the health emergency caused by the covid -19.

Finally, a mobile application was obtained, in which 4 graphs referring to vital signs are displayed, it also has an alarm system, and an information display time which is estimated at 1.5 seconds.

Keywords: Telemedicine, telemonitoring, ICU, vital signs, coronavirus, COVID-19.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Abstract.....	X
Lista de figuras.....	XIII
Lista de imágenes	XIV
Lista de tablas	XV
Introducción	17
1. Planteamiento del problema.....	19
1.1 Pregunta de investigación.....	20
1.2 Línea de investigación	20
2. Objetivos.....	20
2.1 Objetivo general.....	20
2.2 Objetivo específico.....	20
3. Justificación	21
4. Estado del arte.....	22
5. Marco teórico.....	24
5.1 Antecedentes.....	24
5.2 Unidad de Cuidados Intensivos	28
5.2.1 Monitor de signos vitales.....	29
5.2.2 Aspectos técnicos del Monitor de signos vitales.....	30
5.3 Telemedicina	35
5.3.1 Aspectos legales, regulatorios y de seguridad	36
5.3.2 Establecimiento de la telemedicina en Colombia.....	36
5.4 Telemonitoreo.....	40
5.5 Desarrollo de software para el telemonitoreo.....	42
5.5.1 Metodología de Programación Extrema (XP)	43
5.5.2 Programación de App para sistema operativo Android.....	44
5.5.3 Base de datos	47
6. Desarrollo del prototipo de aplicativo móvil para el monitoreo de signos vitales en pacientes con COVID 19 de la UCI del Centro Médico Crecer	49
6.1 Planificación	49

6.1.1	Fase 0: Definición de roles XP	50
6.1.2	Fase 1: Exploración	51
6.1.3	Fase 2: Planificación de las entregas	52
6.1.4	Fase 3: Iteraciones.....	58
6.1.5	Fase 4: Producción	59
6.1.6	Interacción entre las fases	60
6.2	Diseño del software para la obtención de datos del monitor de signos vitales 61	
6.2.1	Servidor local en Centro Médico Crecer	63
6.2.2	Sistema de comunicación en el Centro Médico Crecer	64
6.2.3	Diseño de la aplicación móvil para la extracción de datos de servidor en la App 65	
6.3	Diseño de la interfaz de usuario (IU) para la visualización de los datos obtenidos	68
6.3.1	Requerimientos interactivos de la IU	68
6.3.2	Requerimientos funcionales de la IU	68
6.3.3	Estructuración de la IU	68
6.4	Sistema de alarmas para la detección de alteraciones en signos vitales	69
6.4.1	Caracterización de las señales en estado alterado	69
6.4.2	Estructura del sistema de alarmas	69
6.4.3	Desarrollo del sistema de alarmas	70
7.	Resultados.....	71
8.	Conclusiones.....	77
9.	Anexos	80
	Bibliografía	83

Lista de figuras

Figura 5-1: Parte frontal de monitor de signos vitales	29
Figura 5-2: Parte posterior del monitor de signos vitales	30
Figura 5-3: Esquema funcional del sistema de telemonitoreo.....	40
Figura 5-4: Esquema general del sistema de telemonitoreo desarrollado.....	41
Figura 5-5: Módulos de Infraestructura y su interacción con los módulos NICU	42
Figura 5-6: Fases de la Metodología XP.....	43
Figura 5-7: Pasos para crear una APK.....	46
Figura 6-1: Fases de la planificación	50
Figura 6-2: Etapas metodología XP.....	61
Figura 6-3: Arquitectura general del sistema, el cual soporta el funcionamiento de la aplicación de monitoreo.....	63
Figura 6-4: Sistema central de monitoreo	64

Lista de imágenes

Imagen 5-1: Cubículo dentro de una UCI	28
Imagen 7-1: Comunicación entre App y base de datos local	72
Imagen 7-2: Interfaz de inicio de sesión	73
Imagen 7-3: Validación del Inicio de sesión denegada	74
Imagen 7-4: Interfaz de visualización	75
Imagen 7-5: Estado vital (ECG) normal	76
Imagen 7-6: Detección de alteración en estado vital (ECG).....	76
Imagen 8-1: Permiso otorgado por el Centro Medico Crecer	78
Imagen 8-2: Encuesta al coordinador del área de ingeniería biomédica	79
Imagen 9-1: Código fuente	80
Imagen 9-2: Código fuente	81
Imagen 9-3: Código fuente	81
Imagen 9-4: Código fuente	82
Imagen 9-5: Código fuente	82

Lista de tablas

Tabla 5-1: Aspectos técnicos de monitor M50	32
Tabla 5-2: Descripción general de tipo de base de datos	47
Tabla 6-1: Requerimientos del Centro Médico Crecer	52
Tabla 6-2: Descripción de actividades por etapas	54
Tabla 6-3: Características de la App Android para la extracción de datos	66

Introducción

La contingencia en salud provocada por la COVID 19 en el mundo generó que las alertas a nivel mundial se hayan encendido, dado que hasta el mes de febrero del año 2021 se reportaron 111.966.689 casos positivos y 2.480.794 muertes en todo el mundo (Minsalud, 2021). Esta situación, inicio en la ciudad de Wuhan, China y ha evolucionado en contagios hasta el punto de ser catalogada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como pandemia y en el mes de marzo de 2020 le generó preocupación por la amenaza de colapso del sistema de salud y sanitario de la mayoría de los países (OMS, 2020), preocupación que sobrepasó las expectativas planteadas debido a que efectivamente los países no se encontraban preparados al requerir Unidades de Cuidado Intensivo (UCI) masivas para la atención de pacientes diagnosticados con la enfermedad.

Esta necesidad de UCI adicionales se presenta porque además de los pacientes en estado crítico que padecen otras enfermedades que requieren este tipo de tratamiento, el virus SARS-CoV-2 ocasiona múltiples complejidades (Barbagelata & Perna, 2020), como las complicaciones cardiacas agudas (miocardia, miocarditis, síndrome coronario agudo arritmias y paro cardíaco), distrés respiratorio y enfermedad tromboembólica, adicionalmente, fallas hepáticas y fallas en los riñones (IntraMed, 2020), complicaciones que de no ser tratadas a tiempo, en la mayoría de los casos en UCI, terminan ocasionando el deceso del paciente, especialmente aquellos que padezcan enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, hipertensión arterial o estar en edades avanzadas entre otras (Trujillo, 2020).

En el caso de Colombia, la problemática debido al déficit de disponibilidad de UCI ha generado que el Gobierno Nacional adelante estrategias y actividades para satisfacer esta necesidad, ya que aunque el panorama actualmente de Colombia no ha sido igual a países como en Francia, España o China, el país se ha visto afectado por un gran número de muertes, cifra que hasta el mes de octubre de 2020 es de 30.753 fallecidos debido a la

COVID-19 (Minsalud, 2021) por lo cual, la disponibilidad de camas y espacios para UCI es de gran preocupación. Esto debido a que no sólo es el ventilador mecánico, sino, la identificación y destinación de áreas de servicio de cuidado crítico en aislamiento para la atención exclusiva de pacientes infectados con la nueva enfermedad, evitando la internación de pacientes con otras patologías en el mismo sitio con el fin impedir la propagación del virus. Así, al existir el espacio distinto y exclusivo para los pacientes que padecen la COVID-19, también se requiere personal distinto para su manejo y atención, es decir una Unidad de Cuidados Intensivos exclusiva (Iglesias-Osores & Acosta-Quiroz, 2020).

1. Planteamiento del problema

Es debido a lo anterior, que el aislamiento para pacientes UCI, ha creado la necesidad de mejorar los protocolos en instituciones prestadoras de salud, por lo que los profesionales de distintas áreas han buscado la manera de facilitar el proceso al cuerpo médico y garantizar el cuidado integral de los pacientes, tal es el caso de adaptaciones y desarrollo tecnológico para el monitoreo de los signos vitales aplicados a las UCI específicas para pacientes con la COVID-19.

Conforme a lo anterior, en el presente escrito, se plasma el desarrollo y aplicación de un software especializado para el telemonitoreo de signos vitales de los pacientes diagnosticados con la COVID-19 que se encuentran en la UCI del Centro Médico Crecer, ubicada en la ciudad de Cartagena de Indias, la cual tiene diferentes niveles de atención en salud, cuenta con 8 camas en la unidad de UCI adultos y, también, con una central de monitoreo proporcionada por la empresa EDAN (EDAN, 2021), a la cual llegan las señales provenientes de todos los monitores de signos vitales del Centro Médico Crecer.

Sin embargo, con la llegada del virus se acondiciono una UCI alterna para atender la necesidad de satisfacer la atención de pacientes con complejidades críticas a causa de esta enfermedad. Por lo que, atendiendo los lineamientos del Ministerio de Salud de Colombia citados anteriormente y a las disposiciones de la Organización Mundial de la Salud, estos pacientes deben encontrarse aislados, situación que causa que el personal médico y de enfermería del Centro Médico Crecer, se vean expuestos de una forma continua al contacto estrecho con estos pacientes. Pero, no sólo los lineamientos de cuidado son para los pacientes, puesto que también las entidades prestadoras de servicios de salud deben velar por mantener al personal protegidos del contagio, situación que se vuelve crítica debido al contacto que se produce al momento de realizar procedimientos como colocación de medicamentos y verificación de los signos vitales entre otros, estas actividades se deben realizar periódicamente, dado que el contacto personal asistencial-pacientes es inevitable, es decir cada hora o cuando el dispositivo genere alarma por alteración de algún parámetro.

1.1 Pregunta de investigación

¿De qué manera se puede contribuir a disminuir el contacto entre los pacientes infectados con COVID-9 y el personal de salud de la Clínica Crecer?

1.2 Línea de investigación

La línea de trabajo es la Telemedicina, que comprende la administración de datos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo de aplicativo móvil para el telemonitoreo de signos vitales en pacientes COVID-19 de la UCI del Centro Médico Crecer.

2.2 Objetivo específico

- Diseñar un prototipo de software para adquirir datos del monitor de constantes vitales y visualizarlos a través de la interfaz de usuario.
- Implementar un módulo que muestre alarmas cuando los signos vitales del paciente estén fuera del rango normal.
- Evaluar el prototipo de software desarrollado mediante la simulación de los datos de un paciente en laboratorio de Ingeniería Biomédica.

3. Justificación

El personal del Centro Médico Crecer es limitado y está conformado por dos médicos intensivistas, seis auxiliares de enfermería, dos enfermeras y dos médicos generales que deben cumplir turnos en ambas UCI. Esta situación hace que no sólo aumente el riesgo de infección del personal, sino de los pacientes hospitalizados en la UCI con otras patologías. A pesar de que en la clínica se ha dispuesto el protocolo de prevención con las medidas de bioseguridad, el personal continúa expuesto al entrar en contacto con el espacio donde descansa el paciente infectado, exposición que puede disminuirse a través de sistemas de telemonitoreo de signos vitales.

Respecto al escenario planteado, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (OPS, 2020), defienden la implementación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en salud (eSalud), afirmando que contribuyen al desarrollo sostenible de los sistemas de salud; mejorando el acceso a los servicios, los sistemas de monitorización de signos vitales de los pacientes que ayudan al personal médico a tomar decisiones con calidad y efectividad, y son clave en la recuperación de pacientes en UCI proclives a sufrir alteraciones en sus signos vitales en cualquier momento. Además, permiten que en la labor de los médicos y el personal asistencial se reduzcan los riesgos de contagio de la enfermedad al disminuir el contacto con los portadores de la misma (State Farm, 2020).

A pesar de la importancia de la aplicación de las tecnologías en la salud, actualmente el Centro Médico Crecer no cuenta con un sistema de telemonitoreo portable de pacientes, debido al alto costo que acarrea adquirirlo e implementarlo; es bien sabido que empresas como Mindray y EDAN son algunas que ofrecen este tipo de servicio.

Ante la creciente crisis de salud provocada por esta enfermedad es pertinente el desarrollo de herramientas que permitan al personal de salud del Centro Médico Crecer mejorar y optimizar su capacidad de ejecución, es por esto, que de este proyecto se espera obtener un prototipo de software de bajo costo que muestre los signos vitales del paciente en dispositivos móviles, tales como: saturación de oxígeno, presión no invasiva, respiración y temperatura; para que se disminuya el riesgo de contagio del personal médico, así como

para aumentar los servicios de seguridad y atención en el área. Lo anterior, se pretende realizar a través de una metodología ágil de desarrollo de software extreme programming (XP), en las que se aplicarán prácticas de desarrollo como el lenguaje de programación, refactorización y pruebas unitarias (Laines Fuentes, 2014).

4.Estado del arte

- Telemedicina en el Contexto de la Pandemia de Coronavirus Proyecto de Telemonitoreo Domiciliario (Vaca & Veltri, 2020).

Año	2020
País / Ciudad	Argentina
Resumen	La investigación tiene como objetivo brindar una atención domiciliaria para evitar la propagación del virus usando telemedicina
Aportes	El aporte de la presente investigación es que permite estudiar los parámetros de signos vitales a tener en cuenta para el seguimiento de los pacientes infectados, como lo son: • Frecuencia cardíaca • Frecuencia respiratoria • Temperatura • presión arterial • y saturación de oxígeno
Brechas	El proyecto no incluye el seguimiento inmediato y en tiempo real de los signos vitales, estos son tomados en lapsos de 24 horas o menos si es necesario

Fuente: Elaboración por los autores tomada por (Vaca & Veltri, 2020).

- Sistema de monitoreo remoto para pacientes infectados con el virus SRAS-CoV-2 (MinTic, 2020).

Año	2020
País / Ciudad	Colombia
Resumen	La investigación busca facilitar el proceso al cuerpo médico y garantizar el cuidado integral de los pacientes, es una adaptación e investigación de desarrollo tecnológico para el monitoreo de los signos vitales aplicados a las UCI específicas para pacientes con la COVID-19
Aportes	El aporte que hace esta investigación para el desarrollo de este proyecto es la observación de la ruta de datos del dispositivo y su aplicación, es decir, permite establecer la ruta que seguirán los datos arrojados por el monitor con dirección al Sistema de Gestión Hospitalaria (SAHI) y a la aplicación móvil del personal médico
Brechas	Un punto débil del presente dispositivo, es la inexistencia de sistema de alarma frente a la variación negativa de alguno de los parámetros, ya que la existencia de esta característica, permite reaccionar a tiempo ante cualquier emergencia que se presente

Fuente: Elaboración por los autores, información tomada en (MinTic, 2020)

- Non-contact health monitoring for COVID-19 (Conner, 2020).

Año	2020
País / Ciudad	Massachusetts
Resumen	Investigación que tiene como objetivo prevenir el contagio de los pacientes con el personal médico
Aportes	La importancia de esta investigación es observar la alternativa al smartphone y al monitor de signos vitales. El dispositivo es un router que inalámbricamente detecta patrones en la salud del paciente que se encuentra aislado en caso. El dispositivo puede estar en cualquier parte de la casa del paciente, y permite que el mismo pueda realizar sus actividades cotidianas si su salud lo permite
Brechas	El dispositivo sólo monitorea la respiración del paciente, y otros movimientos, sin embargo, no tiene en cuenta otros signos de alarma como la saturación del oxígeno, la presión arterial, la temperatura, entre otros

Fuente: Elaboración por los autores, información tomada en (Conner, 2020)

5. Marco teórico

En este capítulo se darán a conocer los antecedentes, marco teórico, definiciones y el marco legal involucrado en el desarrollo de un prototipo de aplicativo móvil para el telemonitoreo de signos vitales que pueda ser implementado en la UCI del Centro Médico Crecer.

5.1 Antecedentes

Relacionado con la búsqueda de antecedentes, esta se llevó a cabo en distintos ámbitos (internacional y nacional), teniendo en cuenta las investigaciones de desarrollo de

dispositivos de telemonitoreo con distintas metodologías con el fin de establecer criterios para la escogencia óptima de la metodología, procedimientos y arquitectura a usar para el desarrollo de esta investigación, se tuvo en cuenta también la búsqueda de desarrollos similares de dispositivos para la contingencia COVID-19, encontrando los siguientes:

A nivel internacional, en Chile, y relacionado con el modelo de dispositivo que se pretende realizar, se encuentra la investigación titulada “**sistema de monitoreo continuo de signos vitales con sensores no invasivos y transmisión inalámbrica de datos**” desarrollada por Christopher Gutiérrez y Pablo Aqueveque. Tiene como objetivo el desarrollo de un dispositivo de transmisión de datos con el fin de darle seguimiento y control a los signos vitales de los pacientes, y dar atención inmediata si las alarmas son activadas. Los autores sometieron al estudio signos como electrocardiograma, temperatura corporal periférica, temperatura ambiental y humedad relativa; con lo anterior realizaron el cálculo de la frecuencia cardiaca y la frecuencia respiratoria. Los sensores utilizados para medir lo anterior fueron conectados a una camiseta y fabricaron un circuito analógico para enviar las señales al microcontrolador y luego ser digitalizadas. Al realizar este paso, los datos son enviados por señal de bluetooth a un ordenador personal que cumple la función de central de monitoreo. El software fue diseñado con 2 interfaces, en la primera se reflejan las señales en tiempo real y en la segunda se presentan los datos que el sistema adquiere para ser revisados por los médicos o el personal asistencial, adicionalmente, al software es agregado un sistema de alertas que se activa al detectar parámetros anormales (Aqueveque & Gutiérrez, 2016).

En Ecuador, Gabriela Patricia Vallejo Mera autora de este trabajo de investigación diseña y realiza un “**sistema de monitoreo de signos vitales y alerta de accidentes para ancianos o personas con problemas de movilidad**”, el cual permite realizar llamadas en caso de la detección de anomalías o accidentes que sufra el paciente. Esto lo realizan a través de Arduino para establecer la conexión con los sensores y el módulo GSM (Global System for Mobiles) ya que resulta ser la herramienta más óptima (en cuanto a conectividad y reducción de costos) para establecer la comunicación luego de analizar otras como el bluetooth, wireless, y wifi. Las alertas son enviadas a través de mensajes de voz, informando sobre si el paciente se ha caído o sus constantes vitales estén fuera del rango normal, permitiendo la atención inmediatamente. Los sensores conectados al

dispositivo corresponden a: temperatura, frecuencia cardíaca, pulso y frecuencia respiratoria (Vallejo Mera, 2015).

En México, fue desarrollada la investigación “**monitoreo de Signos Vitales Usando IoT**”, realizada por Vega, Lagos, Sanchez y Cosme, en la que implementan el concepto de Internet de las Cosas o IoT a través de su investigación. Esta infraestructura permite la conexión de múltiples dispositivos a la internet agregando información por medio de sensores que transmiten información para luego ser procesada y almacenada en la nube. Para ello, escogen la tarjeta *Pyboardy* fue conectada a los dispositivos de toma de signos vitales de la persona y los datos obtenidos son transmitidos a la tarjeta usando el dispositivo de bluetooth de los aparatos con el fin de evitar cableado que pueda perjudicar la comodidad del paciente, y luego de la tarjeta son emitidos por medio de internet a la nube y pueden ser vistos a través de una interfaz de usuario. Si uno de estos datos no es acorde con el rango adecuado programado, enviará un mensaje de texto o mensaje a la aplicación móvil Whatsapp, para lo cual se utilizaron servicios de *Thinkspeak* y *Twilio*. La investigación se dividió en tres partes, el desarrollo del colector de signos vitales, la interfaz de la comunicación, y la interfaz de comunicación del usuario.(Vega et al., 2019).

El artículo de actualidad médica de los doctores Ramiro Vaca Narvaja e Ignacio Veltri, Clínica Pasteur de Argentina, titulada: “**telemedicina en el contexto de la pandemia de coronavirus proyecto de telemonitoreo domiciliario**”. El objetivo de esta investigación es brindar una atención domiciliaria para evitar la propagación del virus usando telemedicina (Vaca & Veltri, 2020).

También, se encuentra el desarrollo realizado por la empresa Philips “**monitorización remota de pacientes en el marco de la pandemia**” en la que realizan modificaciones en los dispositivos para la monitorización remota de los pacientes. El dispositivo transmite regularmente información crítica del paciente respecto a complicaciones producidas por la COVID-19 y que no requieren hospitalización por lo que su monitorización puede realizarle bajo hospitalización “*home care*” (PHILIPS, 2020).

A nivel nacional, en esta misma línea, se encuentra la investigación “**diseño de un sistema para el monitoreo remoto de signos vitales en pacientes críticos con atención domiciliaria**” de Conde, Acosta y Hernandez. Los autores de esta investigación,

a través de la metodología SCRUM, desarrollaron un sistema conformado por una red de sensores, los cuales fueron conectados al paciente y a una tarjeta de Arduino que realizará la toma de lectura de los signos vitales del paciente, estos datos son transmitidos al médico especialista por medio de mensajes de texto por medio de una aplicación web para lo cual utilizada la herramienta UML (Lenguaje Unificado de Modelado), a esta información, tendrá accesos en cualquier momento, conociendo así en tiempo real el estado de sus pacientes. La gestión de bases de datos es ejecutada por *MySQL*, sistema de gestión de bases de datos. Para el diseño de las interfaces para ver la información, utilizaron el *Framework* o herramienta *Bootstrap*. El proyecto generó una herramienta tecnológica que puede ser usada en Instituciones que presten servicios “*Home Care*” (Conde Elles et al., 2019).

El Gobierno Colombiano para marzo de 2020 abrió una convocatoria exclusiva para proyectos que contribuyen a la solución de la problemática causada por la pandemia de la Covid19, con el objetivo de fomentar el desarrollo de soluciones para afrontar la situación causada por el virus, de los cuales 32 fueron seleccionados y financiados para su desarrollo. Uno de los proyectos financiados fue el de la Universidad Javeriana y el Hospital Universitario San Ignacio, con el respaldo del Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas (CEA-IoT), el cual tuvo un costo de financiación por \$622.126.890 y consiste en desarrollar un “**sistema de monitoreo remoto para pacientes afectados con el virus covid-19**”, el cual permitiría evaluar las principales variables fisiológicas que se alteran en caso que la infección por COVID-19 progrese en pacientes de manejo ambulatorio. Esta información llegará al sistema del hospital y será visualizada por el personal médico, para así tomar medidas pertinentes (MinTic, 2020).

Por otro lado, se encuentra el documento estipulado por el Ministerio de Salud y Protección Social denominado: “**telesalud y telemedicina para la prestación de servicios de salud en la pandemia por COVID-19**”, cuyo alcance es establecer las pautas y lineamientos que deben seguir las Instituciones Prestadores de Salud y Entidades Administradoras de Planes y Beneficios para las actividades de Telemedicina y Telesalud en Colombia (Ministerio de Salud y Protección Social, 2020).

5.2 Unidad de Cuidados Intensivos

La Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) es un espacio especial en los hospitales o clínicas en donde se tratan complejidades correspondientes a la medicina intensiva. Los pacientes que ingresan a UCI corresponden a las personas que tienen una o más condiciones graves de salud que coloca en riesgo su vida y por ende, requieren de una monitorización constante y cuidado especial durante las 24h del día (Hospital Universitario Torre Cárdenas, 2019). “Según Aguilar y García, en las áreas de cuidados intensivos, se encuentra personal especializado en medicina intensiva, como, enfermeras intensivistas, distintos técnicos, paramédicos intensivistas, y médicos intensivistas que adicionalmente, son médicos internistas, cirujanos, anestesiólogos o médicos especializados en urgencias” (Aguilar García & Martínez Torres, 2017).

En el área de UCI es necesario e importante, el montaje estructural adecuado, salida de gases medicinales, vacío y equipos médicos, tales como, monitor de signos vitales, ventilador mecánico, desfibrilador, entre otros; convirtiéndose estos equipos en insumos importantes para lograr que el paciente pueda ser estabilizado y recupere su vitalidad. Como se ilustra en la Imagen 5-1.

Imagen 5-1: Cubículo dentro de una UCI



Fuente: Clínica de Nuestra Señora de los Remedios

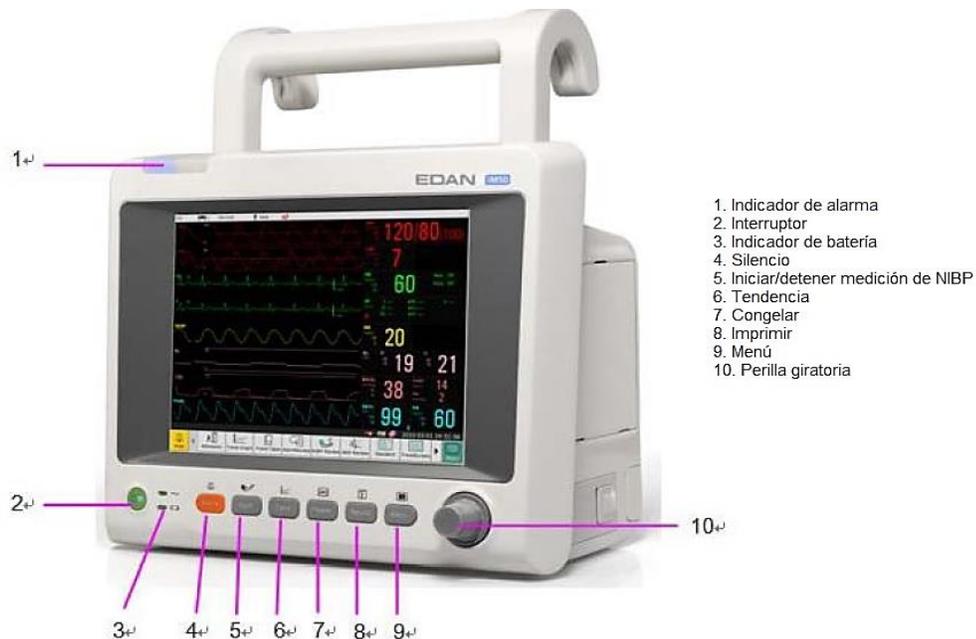
5.2.1 Monitor de signos vitales

Es un dispositivo médico diseñado para detectar, procesar y visualizar los signos vitales de los pacientes, que son reflejados ondulatoria y numéricamente dependiendo de la configuración del equipo. También, el monitor de signos vitales posee un módulo de alarmas para generar alertas al personal médico y asistencial en caso de que unos de los signos vitales sufran alguna alteración (HIC, 2017).

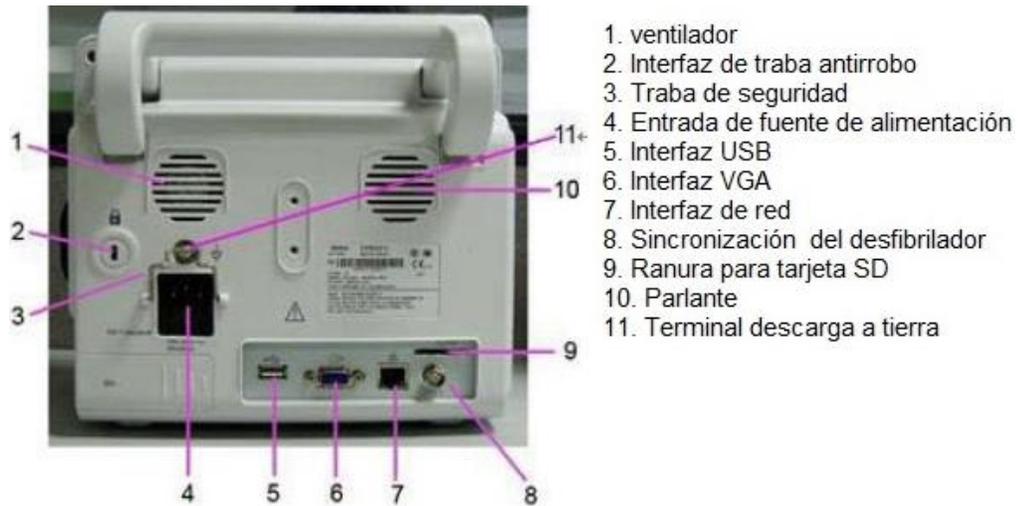
Por consiguiente, el monitor de signos vitales EDAN Imec50 es el equipo usado para la monitorización de los signos vitales de los pacientes que se encuentran en la UCI del Centro Médico Crecer. Estos incluyen electrocardiograma (ECG), respiración (RESP), saturación de oxígeno (SpO2), temperatura corporal (T°), gasto cardiaco (C.O), presión arterial no invasiva (NIBP), y presión arterial invasiva (IBP). El monitor está equipado con alarmas que indican fallas en el sistema y en los parámetros fisiológicos que excedan los límites establecidos por el operador (EDAN, 2012).

En las figuras 5-1 y 5-2 se muestra la parte frontal y posterior del monitor.

Figura 5-1: Parte frontal de monitor de signos vitales



Fuente: Manual de servicio iM50/iM80EDAN (EDAN, 2012)

Figura 5-2: Parte posterior del monitor de signos vitales

Fuente: Manual de servicio iM50/ iM80 EDAN (EDAN, 2012)

Características

- Pantalla TFT a color de 8,4”.
- ECG, SpO2, RESP, NIBP, 2-TEMP, PR.
- Oximetría con modulación de Tono por pulso.
- Análisis ECG de 7 segmentos.
- Análisis de arritmias, análisis de segmentos ST.
- Batería de Litio interna recargable.
- Conexión a Central de monitoreo.
- Detección de Marcapasos.
- Llamada de emergencia.

5.2.2 Aspectos técnicos del Monitor de signos vitales

En la UCI del Centro Médico Crecer se tiene un central de monitoreo equipada con equipos de última tecnología que le permita tanto al médico como al paciente un buen servicio en la atención médica, por lo cual toda la unidad tiene monitores de signos vitales marca EDAN modelo M50.

En esta sección se darán a conocer los aspectos técnicos del monitor de signos vitales M50 como se muestran en la tabla 5-1, fue necesario estudiar a fondo y conocer estas características para realizar la programación de la App móvil.

Tabla 5-1: Aspectos técnicos de monitor M50

Aspectos técnicos	Características
Pantalla	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resolución: 800 x 600 dpi ▪ Visualización de trazos: hasta 8 ▪ Visualización de formas de onda: hasta 11 ▪ Interfaz seleccionable ▪ Pantalla estándar ▪ Representación de curvas y gráfico ▪ Interfaz de cálculo de dosis para medicamentos Velocidad de barrido: 6.25mm/s, 12,5 mm/s, 25mm/s, 50mm
Resolución	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 rpm Alarma de umbral de Apnea: 10s, 15s, 20s (por defecto), 25s, 30s, 35s, 40s Alarma: Sí, alarma acústica y visual eventos de alarma revocables ▪ Ancho de banda: 0.2-2,5 Hz (-3 dB) Velocidad de barrido: 6.25mm/s, 12,5 mm/s, 25mm/s, 50mm/s
ECG Cables	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 5 derivaciones y 3 derivaciones seleccionables 3 derivaciones del cable: RA; LA; LL o R, L, F ▪ 5 derivaciones del cable: RA; LA; RL, LL, V o R, L, N, F, C ▪ Selección de cable: 3 derivaciones: I, II, III 5 derivaciones: I, II, III, aVR, aVL, aVF, V ▪ Ganancia seleccionable: x0.125, x0.25, x0.5, x1, x2, x4 ▪ Velocidad de barrido: 6.25mm/s, 12,5 mm/s, 25mm/s, 50mm/s ECG HR

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gama: Adultos y pediátricos: 15-300bpm; ▪ Neonato: 15-350bpm ▪ Resoluciones y precisión: ± 1 bpm o $\pm 1\%$, el que sea mayor filtro. el modo de diagnóstico: 0.05-150Hz el modo de seguimiento: 0,5 a 40 Hz ▪ Detección del segmento ST: Rango de medición: -2,0 mV ~ 2.0mV ▪ Rango de alarma: -2,0 mV ~ 2.0mV Segmento ST análisis de la arritmia y catergorization ▪ Alarmas: Alarma Audible y visuales
<p>NIBP</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oscilométrico automático ▪ Modos de funcionamiento: manual / automático / continuo ▪ medición automática intervalo de tiempo: Ajustable 1/2/3/4/5/10/15/30/60/90/120/240/480minutos Unidad de medida: mm Hg / kPa seleccionable ▪ Tipo de medición: sistólica, diastólica, media ▪ Rango de presión para los adultos: Sistólica: 40 a 270 mmHg Diastólica: 10 a 215 mmHg Media: 20 a 235 mmHg ▪ Prueba de fugas y calibración automática de la presión: Sí Sobre la protección de presión: doble protección de seguridad Resolución 1 mm Hg ▪ Precisión: Max medio del error de ± 5 mmHg Desviación estándar de ± 8 mm Hg

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alarma: sistólica, diastólica, media ▪ PR de NIBP: Medida 40 ~ 240 latidos por minuto Resolución: 1 ppm <p>Precisión: 3bpm</p> <p>Frecuencia de actualización: 2s</p>
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (2 canales, una sonda de forma predeterminada) Rango de medición y alarma: 0 a 50°C (32-122 °F) ▪ Tipo de sonda: YSI (Serie B) y CF-FI Resolución: 0,1°C Precisión: ± 0,1°C (sin sonda) ▪ Canal: doble canal. Proporcional T1, T2, y AT IEC 12470-4 Temperatura rápida (Opcional) ▪ Rango de medición y alarma: 25 ~ 4510 ▪ Resolución: 0,1 °C Precisión: ± 0,1°C (sin sonda) Típica de la medición del tiempo
Respiración	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Método: La impedancia transtorácica ▪ El modo de operación: Auto / Manual ▪ Rango de medición RR: Adultos: 0 ~ 120 rpm ▪ Neonato / pediátrico: 0 ~ 150 rpm 1rpm
Interfaz I/O	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 Puertos USB Ranura para tarjeta SD Puerto RJ-45 Ethernet. IEEE 802.3 Salida VGA Analógicas y salida de llamada a la enfermera ▪ Desfibrilación sincronización de salida Punto de acceso WLAN 802.11g de 54Mbps (opcional)

Fuente: EDAN. (2021)

5.3 Telemedicina

“Conforme lo determina el artículo segundo de la Ley 1419 de 2010, esta definición corresponde a la provisión de servicios de salud a distancia en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, por profesionales de la salud que utilizan tecnologías de la información y la comunicación, que les permiten intercambiar datos con el propósito de facilitar el acceso y la oportunidad en la prestación de servicios a la población que presenta limitaciones de oferta, de acceso a los servicios o de ambos en su área geográfica” (Resolución 2654, 2019).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) la define “como la acción en la que se aportan servicios de salud a la comunidad, situándose la distancia como elemento y problemática principal, por cualquier profesional de la salud hacia los usuarios o pacientes, en la que implementan las nuevas tecnologías de comunicación para intercambiar información, diagnosticar, tratar y prevenir enfermedades o lesiones; investigar, evaluar y educar continuamente los proveedores de salud, para la mejora de la salud de las personas y sus comunidades” (World Health Organization, 2010).

Conforme a lo anterior, es posible afirmar que la telemedicina es la acción de prestar servicios de salud a distancia por medio de dispositivos digitales que facilitan la comunicación a través del uso de tecnologías de telecomunicaciones y medios informáticos, y ha tomado vital importancia porque ha impactado positivamente en el sector salud por la evolución e innovación en los proyectos tecnológicos, social y cultural; siendo estos la clave para el futuro en la medicina, especialmente desde la llegada de la pandemia por coronavirus a Colombia, porque se ha consolidado como una estrategia de atención médica, ya que según El Heraldo “a raíz de la contingencia generada por la misma, son cada vez más los profesionales de la salud que han incrementado las consultas a través de consultas virtuales y atención telefónica hasta en un 60%” (EL HERALDO, 2020). Además, según la Asociación Colombiana de Empresas de Medicina Integral (Acemi), el país cuenta con 739 IPS (Instituciones prestadoras de Salud) habilitadas con 2.062 servicios de habilitados bajo la modalidad de telemedicina (Portafolio, 2020), de la cual de desprenden varias sub - modalidades, que son:

- Teleconsulta

- Teleasistencia
- Teleeducación
- Teleapoyo
- Teleorientación

5.3.1 Aspectos legales, regulatorios y de seguridad

Teniendo en cuenta en la información que se maneja para el desarrollo del proyecto se revisaran los aspectos legales de acuerdo a los riesgos y vulnerabilidad que se pueda encontrar en el sistema de monitoreo, como también la seguridad con el tratamiento de la información de software.

1. Protección de datos/ resolución 2654 de 2019 en el capítulo IV artículo 21 Calidad y seguridad de la información y los datos.
2. La privacidad y confidencialidad de los datos; y / capítulo IV artículo 23 calidad de los datos a través de plataformas tecnológicas o dispositivos electrónicos.
3. Aspectos regulatorios relacionados con la responsabilidad de los datos/ Capítulo IV artículo 22 responsabilidad en el uso de plataformas tecnológicas en telemedicina.

5.3.2 Establecimiento de la telemedicina en Colombia

- **Ley 1419 de 2010, de la República de Colombia**

Por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de la telesalud en Colombia, en la cual se define la telemedicina como el suministro de servicios de salud mediante tecnologías de la información y la comunicación con el fin de proporcionar facilidad en el acceso de la prestación de salud a distancia (Ley 1419, 2010),

- **Ley 1122 de 2007, de la República de Colombia**

La Ley 1122 de 2007 “realiza modificaciones al Sistema General de Seguridad Social en Salud, y mediante esta Ley, en el párrafo 2 del artículo 26, se establece que la Nación y los entes territoriales promuevan los servicios de telemedicina con el objetivo de prevenir enfermedades crónicas, capacitación y disminución de costos, así como el mejoramiento

de la calidad en la prestación de servicios, especialmente con servicios de imagen diagnóstica” (Ley 1122, 2007).

▪ **Ley 1341 de 2009, de la República de Colombia**

La Ley 1341 de 2009, “es el mandato mediante el cual el gobierno nacional define los principios y los conceptos para la organización de las tecnologías de información y comunicación, en cuanto a salud” (Ley 1341, 2009), dispone lo siguiente:

- Artículo 18 numeral b: Establece la “Formulación de políticas y planes que implementen las Tecnologías de la Información y Comunicación con el fin del mejoramiento de la calidad de vida de la población en materia de trabajo, salud, justicia, cultura y recreación”.
- Artículo 35 numeral 7: Establece “función del Fondo Único de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el financiamiento de planes y proyectos para el desarrollo de contenido y aplicaciones con enfoque en la salud y otros” (Ley 1341, 2009).

▪ **Ley 1348 de 2011, de la República de Colombia**

La presente Ley, modifica el Sistema General de Seguridad Social en Salud, en la que establece que la búsqueda de precisión y pertinencia para la garantía en la salud, en la que se busca la optimización de los recursos, la reducción de complicaciones y el logro de resultados eficaces, todo esto teniendo como objetivo entre otras estrategias la coordinación del uso de la telemedicina (Ley 1438, 2011).

▪ **Ley 1753 de 2015, de la República de Colombia**

La Ley en mención, es el Plan de Desarrollo 2014-2018, “el cual en su Artículo 45 establece los estándares y lineamientos de tecnologías de la Información y las comunicaciones para los servicios al ciudadano y su aplicación. En su numeral k, establece la adopción de los servicios de telemedicina y telesalud” (Ley 1753, 2015).

▪ **Ley 1751 de 2015 República de Colombia**

Se regula mediante esta Ley, el derecho fundamental a la salud, y se establece en su Artículo 22 políticas de innovación, ciencia y Tecnología en Salud y aplicación en producción y desarrollo de equipos y herramientas que promuevan el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos (Ley 1751, 2015).

- **Decreto 1011 de 2006, de la República de Colombia**

“Por el cual se establece el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud”(Decreto 1011 de 2006, 2015).

- **Resolución 2003 de 2014, de la República de Colombia**

Se definen mediante esta resolución, los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de salud y la habilitación de sus servicios. Se establece mediante esta Resolución, la telemedicina como modalidad de prestación de servicios, y la divide en tres tipos: telemedicina para prestador emisor, telemedicina para prestador emisor – con TELEUCI y telemedicina para centros de referencia (Resolución 2003, 2014).

- **Resolución 0429 de 2016, de la República de Colombia**

“Por medio de la cual se adopta la política de atención integral en salud, estableciendo la adopción de mecanismos que garanticen la calidad del servicio de manera integral, incluyendo la telemedicina para la población con problemas de acceso por su ubicación geográfica” (Resolución 0429, 2006).

- **Ley 1441 de 2016, de la República de Colombia**

Por la cual se establecen los estándares, criterios y procedimientos para la habilitación de las redes integrales de prestadores de servicios de salud y se dictan otras disposiciones (Resolución 1441, 2016).

- **Resolución 5857 de 2018, de la República de Colombia**

Es la resolución que “actualiza el plan de beneficios en salud con cargo a la unidad de pago por capitación, esta financia la telemedicina cuando esté disponible para mejorar la calidad de servicios de salud y el acceso a los mismos cuando se encuentren limitaciones como baja disponibilidad de la oferta y difícil acceso geográfico” (Resolución 5857, 2018).

- **Resolución 2654 de 2019, de la República de Colombia**

Resolución en la que se dictan “disposiciones para la telesalud y parámetros para la práctica de la telemedicina en el país”, en su artículo 18 describe el “telemonitoreo como el encuentro a distancia entre el personal de la salud y el usuario, en la que por medio de herramientas tecnológicas realiza recopilación y transmisión de los datos” (Resolución 2654, 2019).

Mediante esta ley, se establecen disposiciones para el cuidado y protección de los datos que se manejan. En el capítulo IV que se denomina “Calidad y Seguridad de la información y los datos”, Artículo 22, dispone que los prestadores de servicio de telemedicina deben:

- Garantizar que las plataformas o dispositivos electrónicos cumplan con seguridad, privacidad y protección de datos personales.
- Propender que las plataformas cumplan con criterios de seguridad del servicio, se controlen los permisos de acceso del usuario a la plataforma y disponga de certificados de seguridad y algoritmos de cifrado.
- Cumplir con mecanismos de interoperabilidad.
- Verificación de condiciones de seguridad, privacidad y confidencialidad de los datos recogidos para aplicaciones que sean de propiedad de terceros.

En el Artículo 23, se establece que “el prestador de servicios garantizará la confiabilidad, integridad y disponibilidad de la información de los datos que se manejen en los procesos de telemedicina”.

Por último, en el Artículo 24, dispone el tratamiento de la información y habeas data, por lo que los prestadores se acogerán al régimen de protección de datos (Resolución 2654, 2019).

Conforme a lo anterior, en el desarrollo del software para la aplicación en el Centro Médico Crecer, se dispondrá de un protocolo de manejo de la privacidad y custodia de los datos, para ello, se revisarán los aspectos legales de acuerdo a los riesgos y vulnerabilidad que se pueda encontrar en el sistema de monitoreo, como también la seguridad con el tratamiento de la información de software.

Se define entonces disponer explícitamente las normas de almacenamiento coherente y responsable de los datos y de los diferentes registros electrónicos de forma descentralizada, para ello la clínica maneja una red privada de uso clínico, como también se implementará un software donde la información se almacenará de forma segura ya que será una red privada.

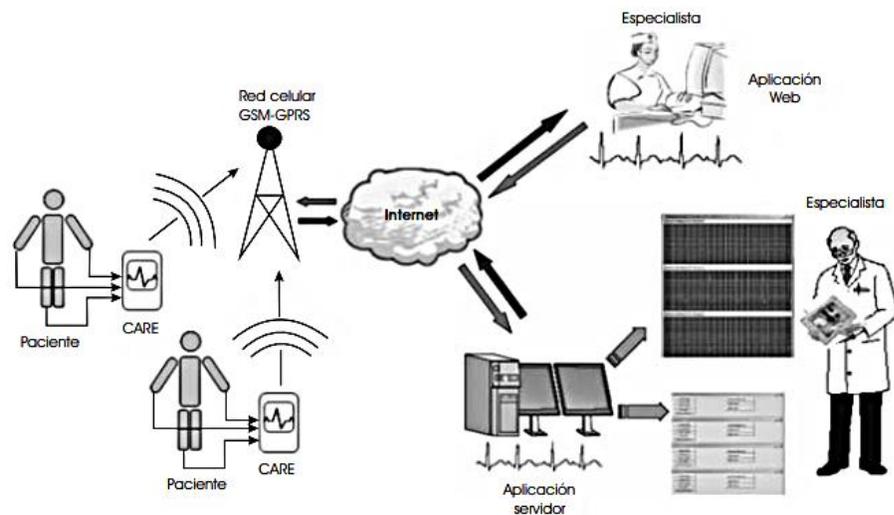
5.4 Telemonitoreo

El telemonitoreo es la obtención de las variables fisiológicas de pacientes a distancia mediante dispositivos médicos y sensores con el fin de ser transmitidos y posteriormente visualizados en una central de monitoreo, lo que lo hace un caso particular de la telemetría, facilitando la monitorización a distancia por el envío de alarmas que llegan a una central o a plataformas visualizadas desde la Internet.

Este intercambio de información hacia el operador en un sistema de telemetría, puede ser realizado con normalidad por medio de dispositivos inalámbricos, aunque también a través de otros medios (teléfono, redes de computadoras, enlace de fibra óptica, etc.) (Telemetrik, 2018).

Un ejemplo de arquitectura de telemonitoreo es el **Sistema de Detección, Registro y Telemonitoreo de Arritmias Cardiacas** (Bustamante Osorno et al., 2008). En el que a los pacientes le es impuesto el dispositivo de monitoreo denominado CARE (Cardiac Abnormality Recorder), encargándose de detectar y registrar las arritmias, y transmitir las señales al Centro Especializado de Monitoreo Cardiovascular (CEMC) donde son almacenadas en una base de datos y visualizadas por los especialistas mediante un aplicativo Web. El esquema funcional de este sistema se presenta en la Figura 5-3.

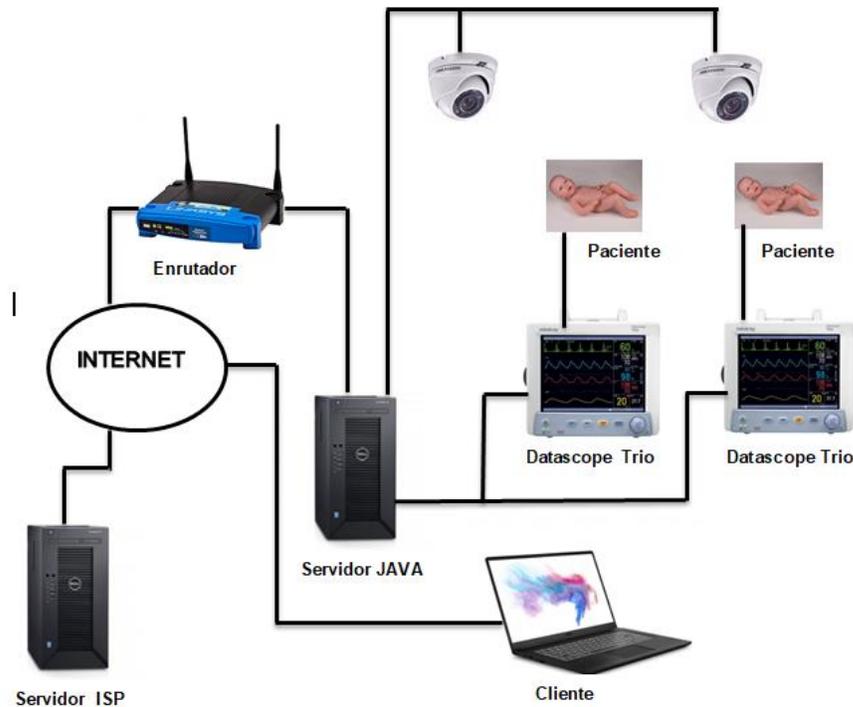
Figura 5-3: Esquema funcional del sistema de telemonitoreo



Fuente: Grupo de Investigación en Dinámica Cardiovascular, Centro de Bioingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana (Bustamante Osorno et al., 2008)

Por otro lado está el desarrollo llamado **Telemonitoreo de Datos Cardiacos y Respiratorios a través de un Sistema Web con JSP** (Viloria Núñez et al., 2014) en el que se muestra el modelo convencional del sistema de seguimiento del monitor de signos vitales, ver Figura 5-4. El servidor Java obtiene información, al mismo tiempo está conectado a un enrutador (o *router*) para transmitir la información a Internet. La cámara IP (protocolo de internet) que capta la imagen del paciente está conectada al enrutador para transmitir la imagen a una base de datos. El cliente se conecta directamente a la página web desarrollada en JSP alojada en hosting ubicado en Internet.

Figura 5-4: Esquema general del sistema de telemonitoreo desarrollado

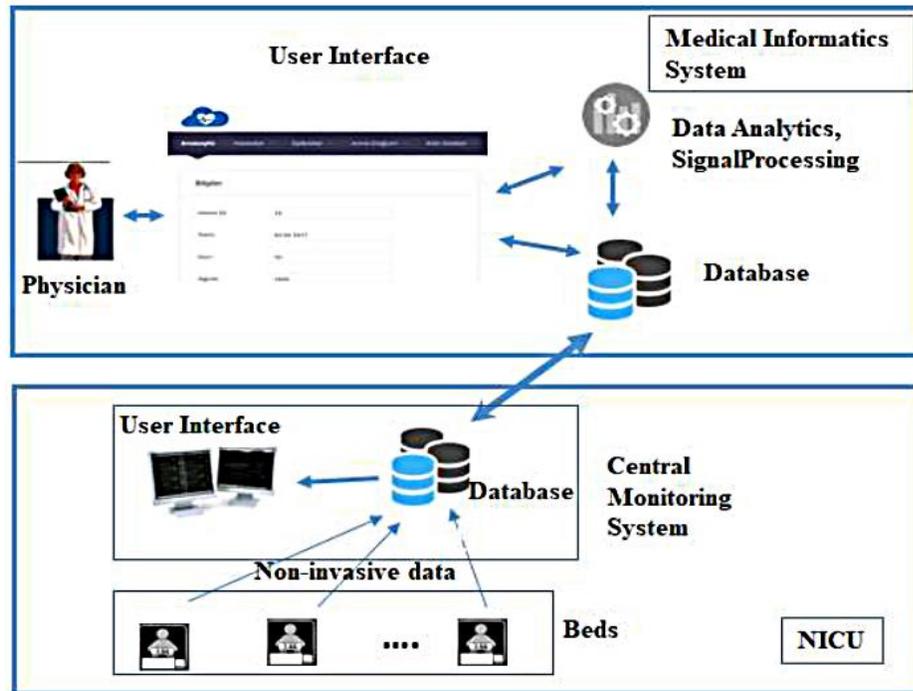


Fuente: Elaboración por los autores; tomada del artículo de César Viloria Núñez, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad del Norte (Viloria Núñez et al., 2014)

Finalmente, se muestra la investigación **Machine Learning Based Non-Invasive Vital Signs Analysis for Preterm Sepsis Risk Prediction** (Güzey & Uçar, 2018), que analiza los signos vitales de pacientes recién nacidos para la prevención de sepsis prematuro. Se diseñó un sistema informático médico que analiza la distinción entre sanos y con episodios de sepsis de lactantes por medio de métodos de aprendizaje automático (*Machine*

Learning). Para el análisis se recopilaban datos temporales no invasivos diarios basados en el paciente (frecuencia cardíaca, pulso, saturación de oxígeno), comentarios del estado del paciente de los médicos y la información de diagnóstico del Centro de la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (NICU) del Hospital Universitario Trakya. En la figura 5-5 se pueden observar los módulos de infraestructura y su interacción.

Figura 5-5: Módulos de Infraestructura y su interacción con los módulos NICU



Fuente: International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences (IJREAS) (Güzey & Uçar, 2018).

5.5 Desarrollo de software para el telemonitoreo

El desarrollo de software que permita el telemonitoreo remoto de pacientes en el área de telemedicina es una necesidad que va en aumento, principalmente para el diagnóstico y seguimiento de pacientes a distancia, por lo que, estos desarrollos contribuyen de una manera potencial a las necesidades que presentan los sistemas de salud (Novillo Ortiz, 2016).

Las aplicaciones móviles son programas de software diseñados para ser ejecutados en teléfonos, tablets o cualquier otro dispositivo móvil con sistema operativo Android, iOS u

otros menos populares como Windows Phone, BlackBerry, Symbian Firefox O.S, Ubuntu Touch, y le facilitan al usuario ejecutar diferentes actividades, por ejemplo, la utilidad de una calculadora o una red social como Facebook, Twitter o Instagram (Softcorp, 2019).

Al igual que cualquier otro tipo de aplicación, bien sea móvil, web o de escritorio, su desarrollo puede ser llevado a cabo implementando diferentes metodologías de diseño, como la cascada y espiral, entre otras.

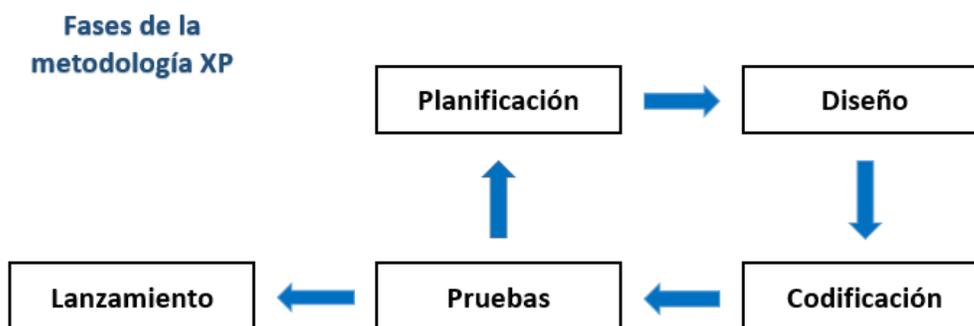
5.5.1 Metodología de Programación Extrema (XP)

La metodología de programación extrema XP (eXtreme Programming), es un método que hace énfasis en la adaptabilidad de ingeniería de software, la cual permite establecer y reafirmar las relaciones dadas entre el equipo que ejecuta y el que desarrolla, permitiendo que se realice con éxito, a través de la realización de trabajo en equipo, el aprendizaje continuo y el buen clima de trabajo. Extreme Programming establece cuatro variables: costo, tiempo, calidad y alcance.

El énfasis de esta metodología es la retroalimentación constante entre cliente y el equipo de desarrollo, lo que facilita el trabajo especialmente para proyectos en los que se presenten objetivos o fines imprecisos y que pueden cambiar fácilmente (Calvo, 2018).

El ciclo de vida XP, está estructurado en cinco fases que serán ilustradas en la figura 5-6 y explicadas a continuación (Canive & Balet, 2019).

Figura 5-6: Fases de la Metodología XP



Fuente: Creada por el autor, tomada de programación XP por Teresa Canive y Richard Balet (Canive & Balet, 2019).

- **Planificación**

Las actividades del proyecto deben planificarse de acuerdo con las necesidades y prioridades del cliente, de tal manera que se puedan identificar las historias de usuarios y descomponer en mini-versiones, teniendo en cuenta el esfuerzo y los tiempos de entrega por parte del equipo de trabajo.

- **Diseño**

El diseño del software suele ser sencillo, basándose principalmente en la funcionalidad del sistema, se lleva a cabo durante todo el desarrollo del proyecto, tanto durante la planificación de la entrega como en el de la iteración.

- **Codificación**

La programación del código fuente se debe realizar en pareja, de esta forma garantizar un código universal, donde cualquier otro programador podría trabajar y entender.

- **Pruebas**

Al tratarse normalmente de proyectos a corto plazo, se deben realizar pruebas consecutivamente, este testeo constante es clave para la verificación del funcionamiento del proyecto y el proceso que este lleva. Además, los clientes pueden realizar pruebas ellos mismos, proponer nuevas y verificarlas.

- **Lanzamiento**

En esta etapa se tendrá un trabajo exitoso, en el cual fueron verificada satisfactoriamente cada una de las mini-versiones; teniendo como resultado un software listo y útil, cumpliendo con los requerimientos del cliente.

5.5.2 Programación de App para sistema operativo Android

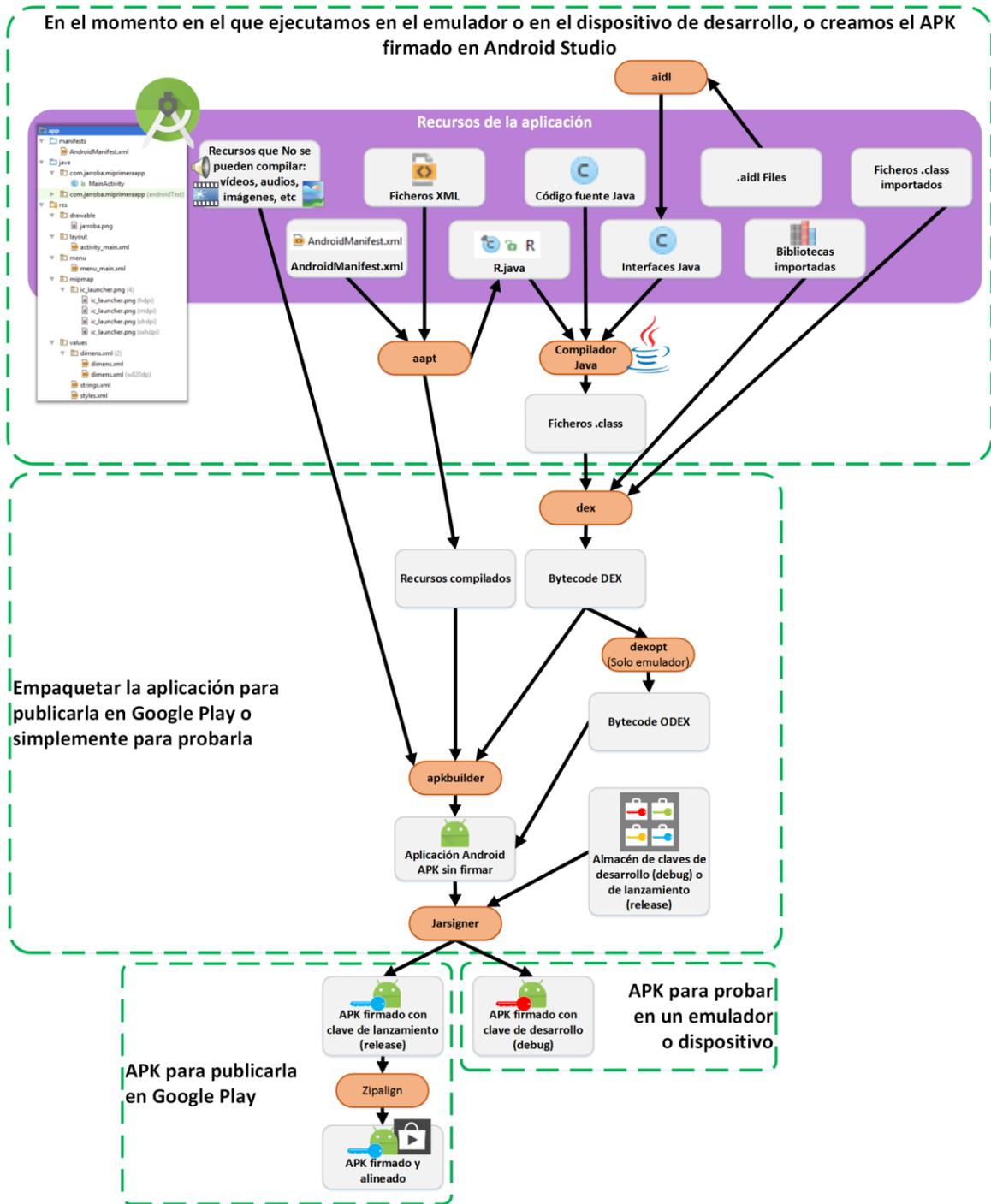
“Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android, basado en IntelliJ IDEA”. Cuenta con un potente editor de códigos y múltiples herramientas que facilitan a los desarrolladores la creación de estas, además, con un sistema de emulación integrado que permite ver los cambios que se van realizando (Developer, 2020).

En el lenguaje de programación de aplicaciones móviles para sistema operativo Android, se mencionan los siguientes: Kotlin y Java, siendo este último uno de los lenguajes más populares en uso por los desarrolladores.

En Android Studio, la aplicación se “compila, firma y optimiza a la vez, cuando se termine de preparar, se obtendrá una aplicación APK (Android Application Package) firmada que se puede distribuir a los usuarios directamente o a través de la tienda de aplicaciones “Google Play”. El fichero APK resultante contiene: código fuente compilado, recursos y el fichero de manifiesto (AndroidManifest.xml), entre otros” (Invarato, 2015).

La figura 5-7 describe los pasos a seguir para crear una APK, en la primera parte, el código programado y los recursos añadidos a la aplicación; hasta la zona de abajo, donde se obtiene el fichero APK firmado.

Figura 5-7: Pasos para crear una APK



Fuente: Seguridad de aplicación por VMware (VMware, 2020)

En términos de seguridad de aplicaciones móviles, existen diferentes tipos de las mismas, como autenticación, autorización, cifrado, registro de aplicaciones y pruebas. Los desarrolladores también pueden codificar aplicaciones para reducir los ataques que puedan sufrir. Los equipos móviles envían y reciben información a través de Internet, no por una red privada, por lo que son vulnerables a los ataques. Algunas entidades utilizan una red privada virtual (VPN) para agregar una capa de seguridad a las aplicaciones móviles y de esta manera proteger a los trabajadores que inician sesión de forma remota. Los departamentos de TI (tecnología de la información) del mismo modo pueden optar por ver aplicaciones móviles y asegurarse de que cumplan con las políticas de seguridad, de permitir que los empleados las utilicen conectados a la red de la empresa. (VMware, 2020).

5.5.3 Base de datos

Son herramientas que recopilan información, la organizan y la relacionan, para facilitar la gestión de búsqueda y recuperación de los mismos; actualmente las bases de datos permiten extraer información detallada, gracias a los software que los componen (TIC Portal, 2019).

Además, es importante saber que hay varios tipos, “que se componen principalmente de un lenguaje de definición de datos (DDL), de un lenguaje de manipulación de datos (DML) y de un lenguaje de consulta(DCL). la existencia de estas se debe a la variedad de trabajos que se requieren de ellas”, se pueden mencionar las siguientes (Tecnologías Información, 2018).

Tabla 5-2: Descripción general de tipo de base de datos

BASE DE DATOS	TIPO DE DATOS	LICENCIA	SOPORTE
BerkeleyDB	relacional, objetos, pares clave-valor, documentos	AGPL 3.0	Android, iOS
Couchbase Lite	Documentos	Apache 2.0	Android, iOS
LevelDB	pares clave-valor	New BSD	Android, iOS
SQLite	Relacional	PublicDomain	Android, iOS, Windows Phone, Blackberry
UnQLite	pares clave-valor, documentos	BSD 2-Clause	Android, iOS, Windows Phone
SQL Server	Relacional		Windows

Fuente: Tecnologías Información, 2018

Entre las particularidades principales de una base de datos se mencionan las siguientes:

- Independencia física y lógica de los datos.
- Redundancia mínima.
- Acceso concurrente por parte de los usuarios y/o clientes.
- Consultas complejas optimizadas.
- Seguridad de acceso y auditoria.

Los tipos de base de datos más usados en la actualidad, debido a la seguridad que proporcionan y al alto rendimiento, son los siguientes:

- **Base de datos local**

La base de datos local es un sistema centralizado con un nivel máximo de seguridad. La característica principal de este tipo de base de datos es el uso de un único dispositivo físico para que lleve a cabo su proceso de almacenamiento. a diferencia de otros, en este caso todo está concentrado en un mismo equipo.

- **Base de datos en la nube**

Una base de datos en la nube es una colección de contenido, estructurado o no estructurado, que reside en una plataforma de infraestructura de computación en la nube privada, pública o híbrida (Rouse, 2019).

Existen dos modelos de entorno de base de datos en nube: tradicional y base de datos como un servicio. En un modelo de nube tradicional, una base de datos se ejecuta en la infraestructura de un departamento de TI (tecnología de la información) a través de una máquina virtual. Las tareas de supervisión y gestión de la base de datos recaen sobre el personal de TI de la organización (Rouse, 2019).

6.Desarrollo del prototipo de aplicativo móvil para el monitoreo de signos vitales en pacientes con COVID 19 de la UCI del Centro Médico Crecer

La ejecución de la aplicación móvil para el monitoreo remoto de signos vitales, es guiada por la metodología XP, que se caracteriza principalmente en la comunicación y retroalimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo.

A continuación, se hará una descripción de la adaptación de la metodología XP a las características del proyecto.

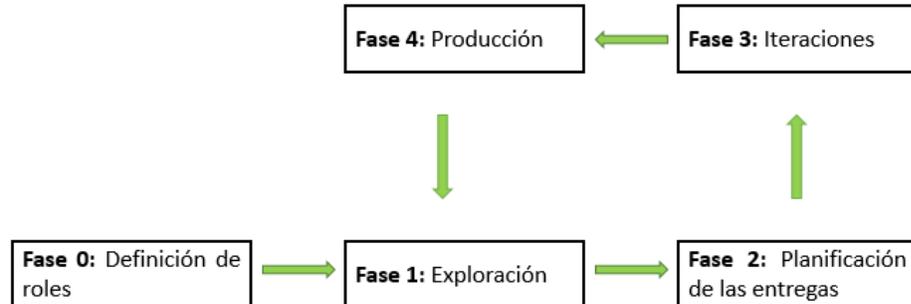
6.1 Planificación

En esta etapa principal de la metodología XP, se priorizan y se descomponen la planificación en mini-versiones, en función del cronograma del proyecto, el cual debe planificarse de acuerdo con las necesidades del cliente y la dificultad del proyecto, también se determinan las prioridades y los tiempos de entregas (no siempre son precisos), pero se pueden utilizar como guía.

Siguiendo con lo anterior, la figura 6-1 contiene las cinco fases de la planificación, cada una se extiende y se adapta al proyecto a continuación.

Figura 6-1: Fases de la planificación

Planificación



Fuente: Creada por el autor

A continuación, se hará una descripción de cada una de las fases.

6.1.1 Fase 0: Definición de roles XP

En esta sección, se describirán los diferentes roles según la metodología XP de la ejecución del proyecto (Penadés & Torres, 2006).

- **Programador:** Indira Arrieta y Niyana Ruiz

El programador es el encargado de producir el código del sistema. Siendo de suma importancia mantener una comunicación y coordinación entre este y los demás integrantes del equipo.

- **Cliente:** Javier Eduardo Gamero Visbal, M.Sc. Coordinador del área de ingeniería biomédica del Centro Médico Crecer

El cliente describe los requisitos y características del software y las pruebas funcionales para validar su implementación.

- **Encargado de pruebas (Tester):** Niyana Ruiz

El encargado de pruebas ayuda al cliente a escribir las pruebas funcionales. Las realiza con regularidad, distribuye los resultados al equipo de trabajo, además, es responsable de las herramientas de soporte para pruebas.

- **Encargado de seguimiento (*Tracker*):** Oscar Porto Solano, M.Sc.

El encargado de seguimiento suministra realimentación al grupo de trabajo en el proceso XP. Su compromiso es comprobar que se cumplen los tiempos estimados, comunicando los resultados y mejoras. También verifica el progreso de cada iteración y evalúa si los objetivos pueden lograrse en cuestión de tiempo y recursos.

- **Entrenador (*Coach*):** Gilberto Perpiñan, Ph.D y María Isabel Arteaga, Ph.D

El entrenador está a cargo de todo el proceso. Brinda orientación a todo el equipo de trabajo, a fin de aplicar la metodología XP y seguir de manera correcta el proceso con los tiempos estipulados.

- **Consultor:** Oscar Porto Solano, M.Sc.

Es un miembro externo del equipo de trabajo, la cual se encarga de resolver problemas específicos.

- **Gestor (*Big boss*):** Indira Arrieta

Es el nexo entre el cliente y programadores, ayuda al equipo a trabajar de forma eficaz creando las condiciones adecuadas. Su trabajo básico es la coordinación.

6.1.2 Fase 1: Exploración

En esta fase, se dará a conocer los requerimientos del Centro Médico Crecer, según su necesidad, por la problemática que esta ha venido enfrentando con la llegada del virus COVID-19 a Colombia.

El Centro Médico Crecer se ha visto en la necesidad de aceptar y evaluar alternativas que brinden al personal médico y asistencial una disminución de contacto directo con los pacientes que enfrentan esta enfermedad. Esta entidad requiere un software portable para

uso médico que muestre los signos vitales de los pacientes en tiempo real durante los 24 h del día, que sea portable, seguro y que genere alarmas en caso que alguno de estos signos vitales se encuentre por fuera del rango normal.

Lo anterior con el fin de disminuir el contacto directo entre el personal de salud y el paciente. La tabla 6-1 a continuación, describe los requerimientos provenientes por cliente y sus características.

Tabla 6-1: Requerimientos del Centro Médico Crecer

Requerimiento del cliente	Característica
Portabilidad	App en SO Android
Monitoreo de signos vitales	Interfaz gráfica (interpretación de los datos vitales a través de ondas) que visualice: electrocardiografía, saturación de oxígeno, presión no invasiva, respiración y temperatura
Seguridad	Debe tener un ID de usuario y contraseña para el personal médico
Alarma	La App contara con un sistema de notificación al momento de registrar algún parámetro por fuera del rango
Transmisión de datos 24h del día	El monitor transmitirá los datos del paciente hacia la App durante las 24h del día

Fuente: Creada por los autores

6.1.3 Fase 2: Planificación de las entregas

En esta fase, debido a los requerimientos del Centro Médico Crecer se realiza una estimación por parte de los programadores del tiempo necesario para cada entrega, teniendo en cuenta los objetivos específicos establecidos. Estas entregas se realizan durante tres meses y medio.

La tabla 6-2 tiene en cuenta los objetivos y con esto, se establecen la estimación de los tiempos para realizar las entregas.

Tabla 6-2: Descripción de actividades por etapas

Objetivo específico 1: Diseñar un prototipo de software para adquirir datos del monitor de constantes vitales y visualizarlos a través de la interfaz de usuario							
Etapas	Requerimiento del cliente	Descripción	Comentarios	Tiempos de entregas			
Etapas 1	Diseñar software para obtención de datos del monitor de signos vitales Realizar el diseño de la interfaz para el acceso al sistema y la visualización de los datos obtenidos	Se realizarán los diversos diseños basados en la interacción del usuario y la etapa de visualización del software, generando un entorno de interfaz amigable, donde este mismo interprete la información de manera clara y precisa	Se solicitó un cambio en la forma como se estaba visualizando los parámetros de las gráficas (tamaño, color, efectos de transparencia) a una visualización de datos o parámetros más parecida a la de un monitor de signos vitales	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
				X			
Objetivo específico 2: Desarrollar la aplicación móvil mediante el uso de IDE Android Studio aplicando la metodología de Desarrollo Xtreme Programming							
Etapas	Requerimiento del cliente	Descripción	Comentarios	Tiempos de entregas			

Etapas 2	Implementar un primer módulo que permitirá el acceso al sistema	De acuerdo a la medida de seguridad que se debe tener al momento de manejar este tipo de datos, se realiza un interfaz de acceso al sistema para el que este pueda ingresar con credenciales proporcionadas por el área de sistema	Se solicitó cambio de color de fondo para la interfaz de acceso, debido a que se había plasmado un fondo oscuro y que opacaba el texto o encabezados de las cajas de texto y botones	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
					X		
Etapas 3	Implementar un módulo que visualice la información de los signos vitales	Basándose en los diseños preestablecidos de un monitor de signos vitales se procedió a inclinar la interfaz hacia este mismo diseño, creando una similitud al momento de representar y mostrar la información	<ul style="list-style-type: none"> - Se solicitó el uso de graficas lo más parecidas a las gráficas de un monitor - Se solicitó la implementación de sonido característico de monitoreo 	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
					X		

Etapas 4	Implementar un módulo para alarmas teniendo en cuenta los parámetros de los signos vitales para identificar los rangos por fuera de lo normal	De acuerdo con la clasificación y los rangos ya establecidos (estándares internacionales de signos vitales) para los diversos signos se procede a realizar las validaciones, donde, sino se cumple los estándares básicos de signos vitales para una persona que se encuentra en buen estado, es decir, si los valores equivalen a un estado fuera del rango normal, se procede a activar una alarma de forma que el usuario se percate del estado del paciente	Se solicitó un símbolo de representación de alarma adicional al sonido que esta emite	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
						X	
Objetivo específico 3: Evaluar el prototipo de software desarrollado mediante la simulación de los datos modo demo en un móvil para la prueba de laboratorio de Ingeniería Biomédica							
Etapas 5	Realizar pruebas de corrección y detección de errores	Se contrató a un tercero (ingeniero de sistemas que conoce a fondo todas las		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4

6.1.4 Fase 3: Iteraciones

Esta fase incluye múltiples iteraciones en el sistema antes de la entrega, incluyendo planificación, entregas entre el cliente y los desarrolladores, más lo que el cliente espera obtener.

- **El juego de la planificación**

El juego de planificación es la integración entre el cliente y los programadores, donde el cliente establece y describe las características según la necesidad que este teniendo, la cual es adquirir una aplicación móvil para disminuir el contacto paciente- médico en UCI. Por el lado de los programadores realizan una planificación de entrega para suplir y cumplir con lo requerido.

- **Entregas pequeñas**

Llevando a cabo el cronograma de planificación y las fechas de entregas antes mencionadas; periódicamente se realizan entregas pequeñas para junto con el equipo de trabajo ir verificando si se están cumpliendo los requerimientos y su funcionalidad.

- **Metáfora**

El Centro Médico Crecer espera obtener un prototipo software de asistencia médica de bajo costo que muestre los signos vitales del paciente en dispositivos móviles, estos incluyen electrocardiograma (ECG), respiración (RESP), saturación de oxígeno (SpO2), temperatura corporal (T°) y presión arterial no invasiva (INBP). Además, genere alarma cuando algunos de estos signos estén fuera del rango normal.

Lo anterior, para evitar que el personal médico se contagie, como también brindar una alternativa al distanciamiento, mejorar la atención, y a su vez, una herramienta que facilite al personal asistencial la evaluación y seguimiento de estos pacientes, con potencial uso para la UCI.

6.1.5 Fase 4: Producción

La fase de producción requiere revisiones constantes del equipo de trabajo respecto a la programación del código, realización de pruebas y entrega de estas mismas.

- **Diseño simple**

Se determinó que, al momento de realizar los diversos diseños, lo ideal era llevarlo a cabo de manera de no sobrecargar las interfaces con elementos o información irrelevante, de tal forma que el usuario obtenga y visualice directamente lo que necesite.

- **Programación en parejas**

Las estudiantes: Indira Arrieta y Niyana Ruiz de acuerdo a lo consultado y descrito anteriormente, trabajaron las metodologías de desarrollo inclinándose en la Programación Extrema. Realizaron reuniones virtuales diarias usando distintas herramientas y/o plataformas digitales debido al COVID-19, donde se acordaban las tareas del día o las pendientes, se utilizaban herramientas tales como TeamViewer para la codificación del software, de esta forma, se obtendrían resultados diarios e incrementales, útiles para verificar el progreso de la investigación.

- **Propiedad colectiva del código**

El código puede ser modificado por cualquier programador. Esto motiva a la construcción de nuevas ideas en pro del proyecto, evitando que cualquiera persona encargada a programar sea indispensable en alguna porción del código. Además, al código se le adicionaran comentarios con los cambios realizados y se guardarán copias de seguridad con cada versión significativa realizada.

- **40 horas por semana**

Se debe trabajar un máximo de 40 horas por semana, llevando a cabo las fechas de entrega establecidas en el cronograma de actividad, en caso que no se cumpla con esto y

haya retrasos se deben modificar las fechas de entrega, adaptando las actividades y los tiempos, teniendo en cuenta los objetivos establecidos.

- **Cliente in-situ**

Debido a que, una de las autoras trabaja directamente en el Centro Médico Crecer, actúa de interlocutor y por ende se mantiene una comunicación directa y constante con esta entidad de forma verbal y escrita. Contando con todos los permisos, los equipos y el área de Ingeniería Biomédica.

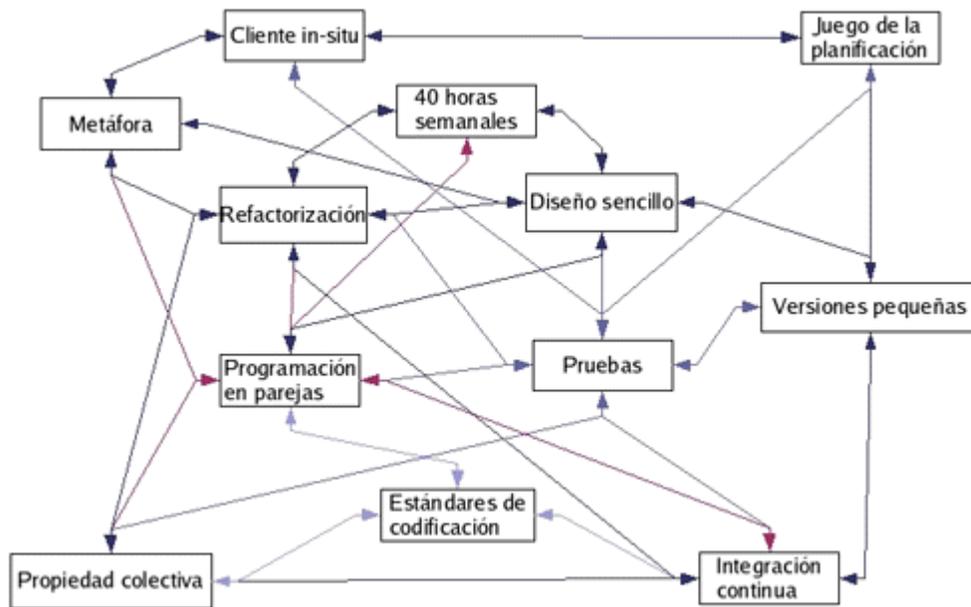
- **Estándares de programación**

Las consideraciones técnicas en cuanto a desarrollo, van encaminadas a que el software funcione de forma correcta y satisfactoria en todo dispositivo móvil, que cuente con las especificaciones necesarias, para visualizar las gráficas y la información pertinente de estas mismas.

6.1.6 Interacción entre las fases

El mérito de XP es integrar las etapas mencionadas anteriormente, para que funcionen entre sí, relacionarlas con otras ideas desde el criterio del negocio, las capacidades humanas y el trabajo en equipo, estas etapas se ilustran en la figura 6-2, en la cual se observa como estas se necesitan una de la otra y se refuerzan entre sí (Penadés & Torres, 2006).

Figura 6-2: Etapas metodología XP



Fuente: Universidad Politécnica de Valencia (Penadés & Torres, 2006)

6.2 Diseño del software para la obtención de datos del monitor de signos vitales

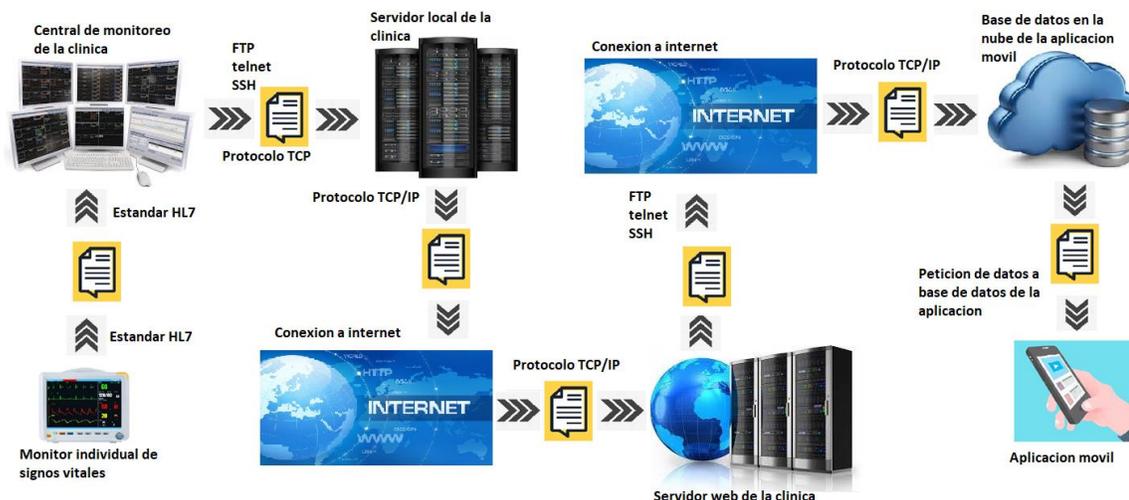
La selección del servidor para el almacenamiento y tráfico de datos se realizó de manera muy rigurosa, como se plantea en la descripción anterior debe cumplir determinados criterios como la protección de datos, cifrado de estos mismos, conexión de aplicaciones móviles desarrolladas en Android, copias de seguridad automáticas e identificación de grupos de trabajo, por lo tanto, considerando primero la seguridad de los datos, se adoptaron las medidas de uso de servidor web privado, el cual permite el acceso de usuarios administradores. La IP (protocolo de internet) son dedicadas o propietarias, por lo que el acceso es complejo y estricto. Cuenta con recursos de hardware, CPU 2 X Intel™ de 4 núcleos o superior 2 VCPU, memoria garantizada 2GB, N.º de dominios alojados 10, espacio en disco RAID10 50G, espacio para Backups 20 Gb, transferencia mensual / ancho de banda, P incluidas (ampliables con justificación), configuraciones de personalizables, reglas para firewall, acceso remoto y correo, servicio DNS FailSafe y

certificado SSL gratuito. Además, CloudMAX brinda ubicación en la red o en la nube como una estructura virtual de almacenamiento de datos y se puede acceder a él de forma remota conectándose a Internet.

Con lo anterior, la agencia EDAN (EDAN, 2021) encargada de manipular los datos vitales, es muy rigurosa con el tráfico de estos, por tanto, se le aplica al servidor configuración de cifrado de datos, estableciendo una capa de protección justo en el límite del perímetro permitiendo cifrar y descifrar cualquier información que salga hacia el servidor o nube, o que sea consultada en la infraestructura de la misma, de esta forma , evitar fuga de información sensible, y con esto reducir la efectividad de posibles ataques (conector).

El servidor solo funcionara como almacenamiento e intermediario de los datos (los cuales vienen en un ruta desde el monitor de signos vitales) el procesamiento e interpretación de los datos se realiza desde la aplicación móvil, las validaciones y configuraciones del sistema de alarma se desarrollaron en el código fuente de la aplicación, al tener un servidor web o en la nube, y trabajar con la metodología de desarrollo XP, se procedió a desarrollar un módulo del software de manera hibrida es decir uso de lenguajes de desarrollo web junto con lenguajes de desarrollo móvil, con el fin de hacer más eficiente la recolección e interpretación de los datos, esto se llevó a cabo con lenguajes webs tales como JavaScript, o también llamados consumos de APIS (interfaz de programación de aplicaciones), los cuales permiten realizar una recolección de datos de forma eficiente, rápida y segura. La arquitectura general del sistema explicada anteriormente se observa en la figura 6-3.

Figura 6-3: Arquitectura general del sistema, el cual soporta el funcionamiento de la aplicación de monitoreo



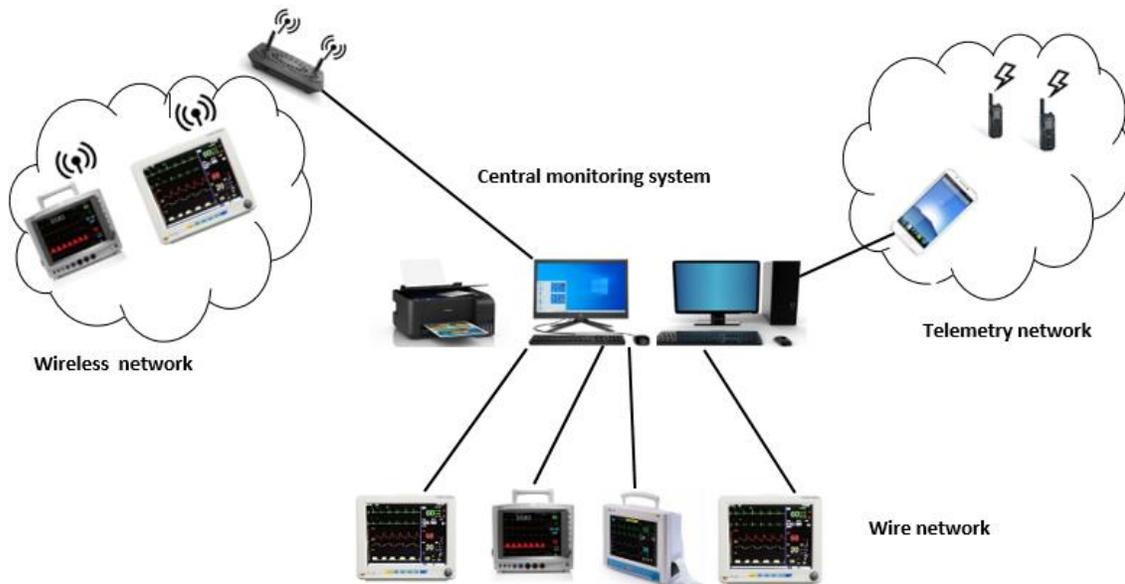
Fuente: Elaboración propia de los autores

6.2.1 Servidor local en Centro Médico Crecer

El Centro Médico crecer cuenta con una central de monitoreo, donde llegan las señales provenientes de los monitores de signos vitales de toda la clínica, a esta central la comprende un potente software de sistema y una computadora de alto rendimiento. La cual construye una red, conectando monitores y sistemas de telemetría.

Esta central de monitoreo puede trabajar en tres modos, los cuales se explican a continuación, y se ven ilustrados en la figura 6-4.

1. Red de cables: El sistema de monitoreo central, intercambia y monitorea por ende se interconecta por medio de cable de red.
2. Red inalámbrica: A través del cable de red, el sistema de monitorización central se conecta a un AP (punto de acceso), que mediante RF (radiofrecuencia) inalámbrico conecta varios monitores equipados con tarjetas de red inalámbrica.
3. Red de telemetría: A través de la red, el sistema de monitoreo central está conectado al receptor de telemetría, que a través de RF inalámbrica conecta múltiples transmisores.

Figura 6-4: Sistema central de monitoreo

Fuente: elaboración propia por los autores tomado de la central de monitoreo Centro Médico Crecer

Por otra parte, un sistema de monitoreo central típico consta principalmente de los siguientes componentes:

- Servidor huésped
- Monitor
- Perro guardián USB
- Ratón
- Teclado

6.2.2 Sistema de comunicación en el Centro Médico Crecer

Los datos recolectados del monitor de signos vitales se comunican con un servidor a través de una puerta de enlace Gateway, la cual procede de un dispositivo central de recolección y traducción de datos (central de monitoreo), que se encuentra enlazado con una tarjeta LAN, permitiendo comunicarse con la red local y, también, con una tarjeta de red que permite el envío de datos hacia el servidor.

- Obtención de datos: Los datos recopilados son enviados a través de la red interna de la clínica, manejando el protocolo de comunicación HL7 (Health Level Seven) y son almacenados en el servidor SQL (Structured Query Language). Por otro lado, el computador tiene 2 tarjetas de red una LAN y WIFI que se comunica con el aplicativo móvil.

6.2.3 Diseño de la aplicación móvil para la extracción de datos de servidor en la App

El presente software está estructurado en cuatro módulos donde cada uno se integra con los demás para el correcto funcionamiento de este.

El modulo número uno corresponde a la parte de seguridad, donde se implementó un acceso al software y se valida que el usuario y la contraseña correspondan a los mismo registrados en la base de datos no se cuenta con opción para crear usuario en el software debido a la confidencialidad de los datos y por métricas establecidas por la central de monitoreo, por tanto todos los usuarios que quieran interactuar con el software deben realizar una serie de trámites credenciales de acceso predeterminadas.

El modulo dos corresponde a la visualización de los datos se realizó un rastreo de las diversas librerías pertenecientes a los lenguajes con los cuales se desarrolló el software, para seleccionar aquella que brindara un diseño de grafica muy parecido o igual a la de un monitor de signos vitales. se escogió la librería HighChart, Así mismo para los efectos de la información mostrada en gráfica, se implementaron plugins de audio tal como MP3 Sticky Player.

El tercer módulo corresponde a la llegada, traducción y recolección de datos por parte de la aplicación, la cual está programada con el fin de recibir interpretar y mostrar los datos que vienen del servidor por lo cual se usaron lenguajes de programación orientados al manejo, interpretación y representación de datos en tiempo real y en conjunto con el desarrollo de la App web, tales como Ionic, JavaScript, Ajax, entre otros.

Y el ultimo modulo corresponde a la comunicación de la aplicación con el servidor (el cual contendrá los datos). Esta conexión se realizó a través de la internet, recordando que el servidor será web y privado, el cual contiene configuración predeterminada para cifrar información y evitar fugas de esta misma.

Las características de la App Android para la extracción de datos estarán en la tabla 6-3, en la cual se hace una descripción de las variables de entrada y salida utilizadas en la programación de la App.

Tabla 6-3: Características de la App Android para la extracción de datos

VARIABLE	TIPO	DESCRIPCIÓN
Signos vitales	Entrada	Variable de tipo vector, donde se almacenarán de manera temporal los datos extraídos del servidor para su posterior representación en las gráficas
Datos	Entrada	Archivo de tipo JSON (JavaScript Object Notation) que se obtendrá luego de la transformación e interpretación de los datos almacenados en el vector Signos_vitales
Data	Salida	Objeto donde se guarda el código fuente para el consumo de la API(interfaz de programación de aplicaciones) que nos realiza la extracción de la información
Methods	Entrada	Método que se encarga de realizar la transformación e interpretación de los datos que se extraen de la base de datos y luego se almacenan en el archivo JSON Datos

Fuente: Elaboración propia por los autores

Adicionalmente, para lograr un rendimiento óptimo que garantice los requerimientos para la usabilidad del aplicativo, y que el emulador trabaje de manera adecuada, se necesita de un dispositivo, que cumpla con las siguientes propiedades para cada sistema operativo (Appnet blog, 2020).

Windows

- Microsoft Windows 7/8/10 (32-64 bits)

- 8 GB de RAM recomendados (2 GB mínimo)
- 4 GB de espacio en disco duro (2 GB mínimo)
- Pantalla con resolución mínima de 1280×800 píxeles
- Procesador Intel
- Java 8

MAC

- Mac OS X 10.8.5 o superior
- 8 GB de RAM recomendados (2 GB mínimo)
- 4 GB de espacio en disco duro (4 GB mínimo)
- Pantalla con resolución mínima de 1280×800 píxeles
- Java 6

Linux

- Ubuntu
- KDE Desktop o GNOME
- Procesador de 64/32 bits
- GNU 2.1 o superior
- 8 GB de RAM recomendados (2 GB mínimo)
- 4 GB de espacio en disco duro (2 GB mínimo)
- Pantalla con resolución mínima de 1280×800 píxeles
- Java 8
- Procesador Intel

Además, se deben realizar las siguientes pruebas de funcionamiento:

- Demostración de la comunicación efectiva entre la App y la base de datos local.
- Demostración de la validación que el usuario debe acceder con las credenciales de acceso correctas.

6.3 Diseño de la interfaz de usuario (IU) para la visualización de los datos obtenidos

La interfaz tiene un usuario de visualización de datos que permite visualizar los datos de electrocardiograma, presión no invasiva, saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca, temperatura, y se mostrarán a través de valores y graficas que están relacionados entre sí, además, contará con un botón de salida del programa, un sonido característico que representa la interpretación de los datos para un mejor ambiente hacia el usuario.

6.3.1 Requerimientos interactivos de la IU

El sistema cuenta con un plugins sonoro, activándose cuando sea conectado el monitor de signos vitales al modo DEMO, el cual va ligado con la inicialización de la representación de los datos, tiene un inicio de sesión por temas de seguridad en el manejo de información. En caso de que tenga botón, son los relacionados de apagado y cerrado sesión.

6.3.2 Requerimientos funcionales de la IU

La información que es representada en las gráficas y los valores, son extraídos de la base de datos de la aplicación en la que se guardan los datos recopilados por la misma, y son sacados del servidor donde se encuentran los datos que envíe el monitor.

El tiempo de actualización de las gráficas está establecido en un lapso de 300 milisegundos y es determinado en el código fuente, se realizó en diferentes tiempos, pero, tomando el más apropiado en cuanto a la visualización correcta y tiempo prudente para los procesos de consulta de la app.

6.3.3 Estructuración de la IU

Solo se cuenta con un inicio de sesión y una interfaz de visualización de datos, por lo tanto, la estructura de flujo puede ser inicio de sesión en caso de que ingresen con la credencial correcta, de lo contrario no se podrá acceder hasta que se haya realizado la solicitud de esta.

6.4 Sistema de alarmas para la detección de alteraciones en signos vitales

Los signos vitales son mediciones de las funciones fisiológicas del cuerpo, provenientes de los órganos fundamentales (cerebro, corazón, pulmones). Estos cambian con la edad, el peso, el sexo y la salud en general. Siendo distinto para adultos y para niños su comportamiento.

En la UCI adulto del Centro Médico Crecer, las mediciones numéricas y en ondas detectan y monitorizan los problemas de salud día a día de los pacientes que a esta área llegan.

6.4.1 Caracterización de las señales en estado alterado

Los rangos de los signos normales en paciente sano adulto son los siguientes:

- Frecuencia cardiaca: oscilan entre 60 y 100 latidos por minuto (lpm)
- Presión arterial: 90/60 mm Hg hasta 120/80 mm Hg
- Respiración: 12 a 18 respiraciones por minuto
- Pulso: 60 a 100 latidos por minuto
- Temperatura: 97.8°F a 99.1°F (36.5°C a 37.3°C); promedio de 98.6°F (37°C)

Las cifras anteriores indican el estado vital del paciente, la alteración de alguno de estos produce un deterioro significativo en la salud de estos, llegando a provocar hasta la muerte si no es atendido de manera inmediata.

6.4.2 Estructura del sistema de alarmas

El módulo de alarma se constituye por medición de los rangos normales de los signos vitales, se realiza la validación de que la información que llega de cada signo vital se encuentre por dentro de los rangos establecidos para un estado vital bueno, por ejemplo, en el electrocardiograma al llegar a los pulsos cardiacos el software determina si estos datos están por encima de los pulsos normales, al proceder esta situación el software cambia su interfaz gráfica en algunos puntos y muestra en representación de símbolos (alarmas) que se están leyendo datos anormales del signo vital afectado, el cual, en este ejemplo es el electrocardiograma.

6.4.3 Desarrollo del sistema de alarmas

Se realizó el desarrollo con el lenguaje nativo de Android (Java) el mismo con que se desarrollaron los módulos restantes del software, en algunos puntos, como la selección y validación de datos se utilizó el lenguaje Javascript por manejo menos complejo de los datos.

7.Resultados

La metodología de programación extrema XP, las técnicas que aporta, fueron de suma importancia para llevar a cabo el software de telemonitoreo de signos vitales, puesto que, como equipo de trabajo, cumpliendo todas las fases y teniendo en cuenta las necesidades del cliente, se pudieron cumplir todos los objetivos en los tiempos estipulados, por ende, brindar un sistema de acuerdo a las necesidades.

Siguiendo con lo anterior, la aplicación de monitoreo móvil hasta el momento cuenta con una base de datos propia, la cual se encuentra alojada en un hosting web, donde se almacena la información luego de hacerse la petición y recibo de los datos que vienen del servidor principal de la clínica, en el cual llegan los datos provenientes de los monitores de signos vitales, no sin antes llegar a la central de monitoreo, por tanto, no existe una comunicación directa entre el equipo monitor y la app.

Se hace necesario resaltar que, la eficiencia en tiempo real se puede ver afectada por el tiempo que tomen los procesos internos de extracción y envío de datos.

La imagen 7-1 muestra parte del código, donde se evidencia la comunicación efectiva entre la App y la base de datos local.

Imagen 7-1: Comunicación entre App y base de datos local

```
26 <script>
27 import axios from 'axios';
28 export default {
29   name: 'signos_vitales',
30   props: {
31     msg: String
32   },
33   data() {
34     return {
35       datos:null
36     }
37   },
38   mounted(){
39     this.getApi()
40   },
41   methods: {
42     getApi(){
43       axios.get('https://jsonplaceholder.typicode.com/pacientes')
44         .then(response =>{
45           this.datos=response.data
46           JSON.parse(this.response)
47           console.log(this.datos);
48         })
49     }
50     .catch(e=>{
51       console.log(e)
52     })
53   }
54 }
```

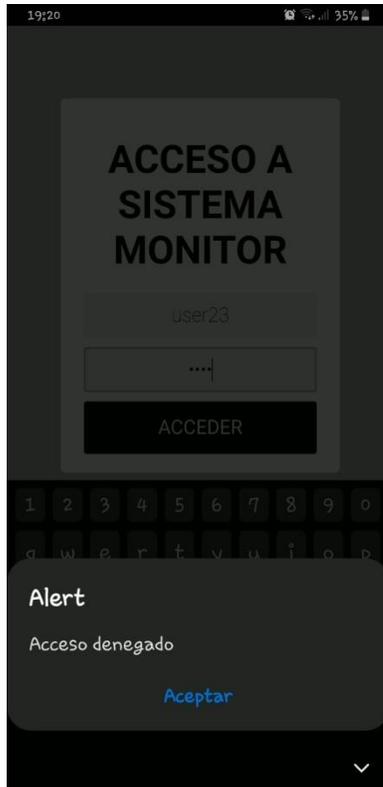
Fuente: Tomada por los autores

También, se ha logrado realizar la interfaz de usuario de inicio de sesión para validar el acceso y seguridad al momento de entrar a la interfaz de visualización, como se ve ilustrado en la imagen 7-2; en caso de que no se usen las credenciales correctas el aplicativo no permitirá el acceso al usuario, lo anterior se evidencia en la imagen 7-3.

Imagen 7-2: Interfaz de inicio de sesión



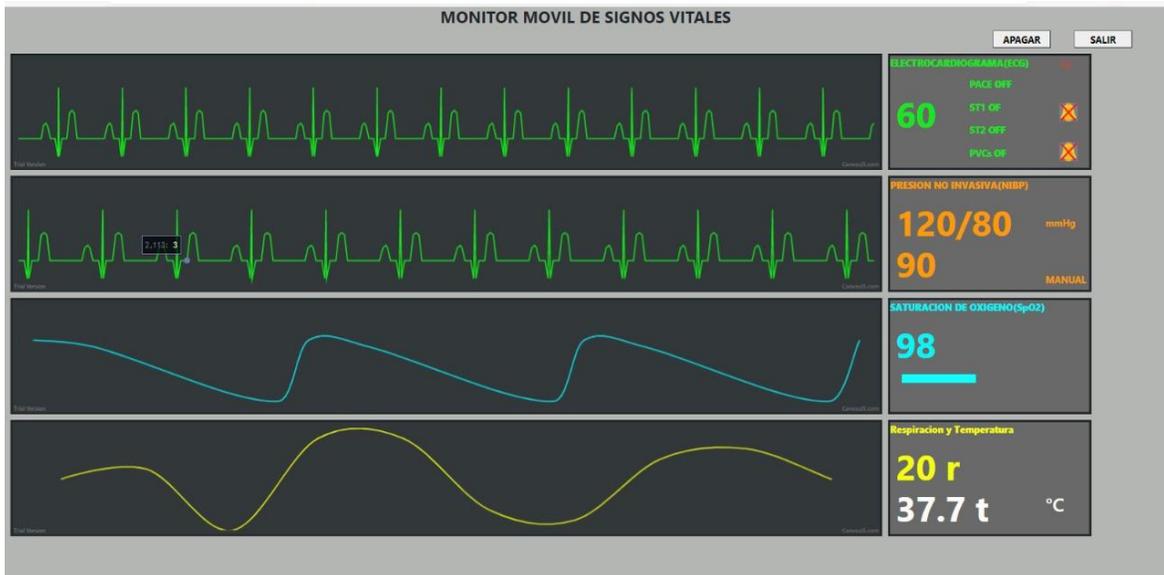
Fuente: Imagen tomada por los autores

Imagen 7-3: Validación del Inicio de sesión denegada

Fuente: Imagen tomada por los autores

A su vez, en la interfaz de visualización de datos se ha logrado establecer en modo vertical 4 graficas equivalentes a electrocardiograma, presión no invasiva, saturación de oxígeno, respiración, así mismos datos adicionales como temperatura, representación de alarma, de apagado del sistema, entre otros. La cual se evidencia en la imagen 7-4, donde se visualizan los signos vitales antes mencionados.

Imagen 7-4: Interfaz de visualización



Fuente: Imagen tomada por los autores

En el caso de las alarmas, el aplicativo móvil emitirá un sonido y mostrará el símbolo de este cuando una de las constantes vitales esté fuera del rango normal. En la imagen 7-5 se muestra la señal del electrocardiograma (ECG) en buen estado, en cambio en la imagen 7-6 se evidencia una alteración anormal en ese signo vital, por ende, aparece el símbolo de alarma.

Cabe mencionar que, la notificación de alarma fue alterada, colocando valores por fuera de rango, ya que, el monitor de signos vitales en modo DEMO no tiene la opción de un paciente con los signos en estado anormal.

Imagen 7-5: Estado vital (ECG) normal



Fuente: Imagen tomada por los autores

Imagen 7-6: Detección de alteración en estado vital (ECG)



Fuente: Imagen tomada por los autores

Por último, en las imágenes 9-1, 9-2, 9-3, 9-4, y 9-5 se anexa parte del código fuente.

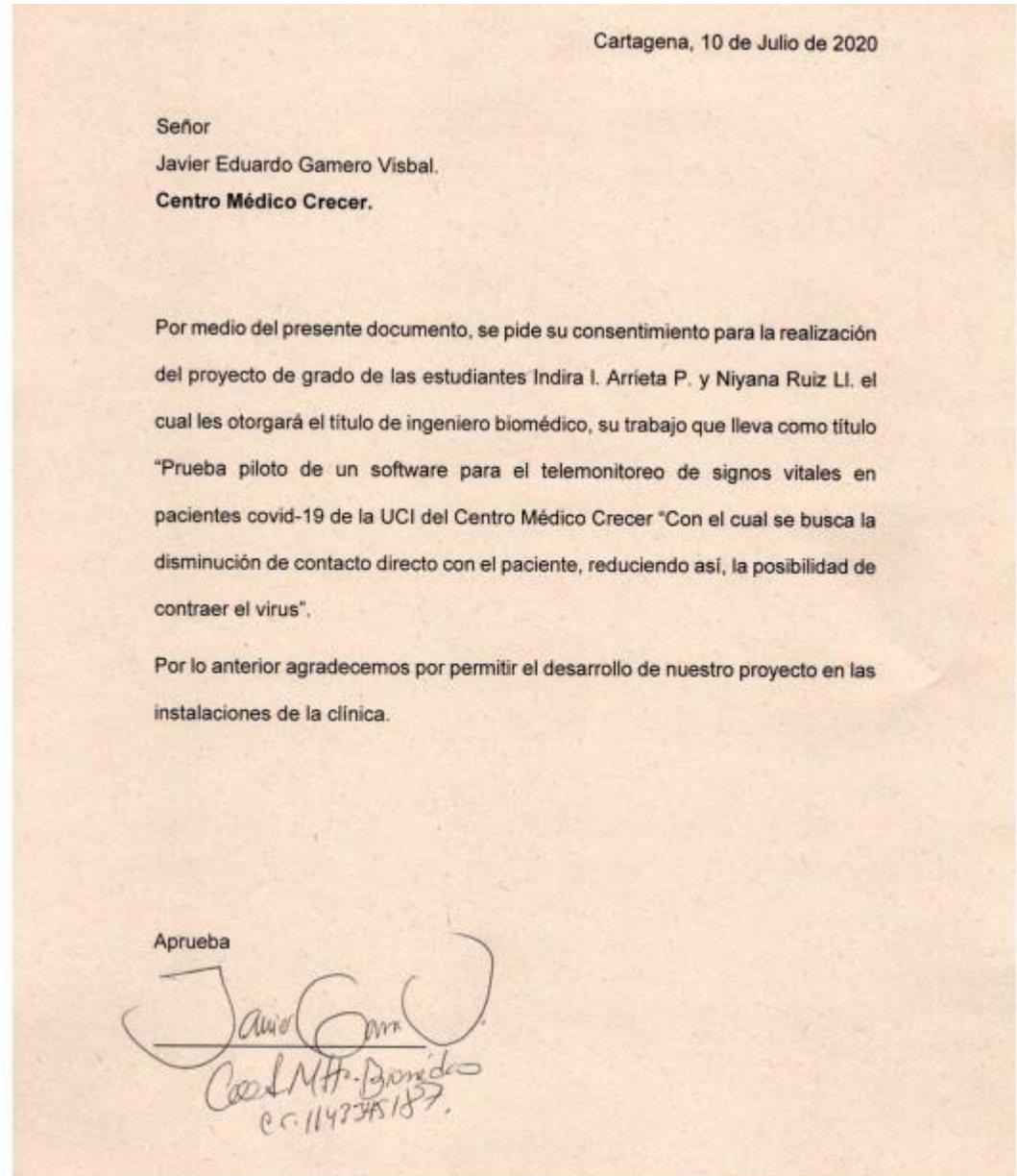
8. Conclusiones

Al llevar a cabalidad todos los objetivos propuesto en el desarrollo de este proyecto, se obtuvo una aplicación piloto para posible uso, donde se visualizan algunos parámetros provenientes del monitor de signos vitales en modo DEMO, no sin antes llegar a la central de monitoreo del Centro Médico Crecer.

Con esto se espera que la clínica mejore e implemente la aplicación para minimizar los riesgos de contagio del personal médico, como también brindar una mejor atención y a su vez, una herramienta que facilite al personal asistencial la evaluación y seguimiento de los pacientes, siendo esta una alternativa al distanciamiento.

En este sentido, el Centro Médico Crecer será el único en la ciudad de Cartagena en obtener el software, que será una alternativa de bajo costo para dispositivos móvil, que permita el monitoreo de signos vitales en pacientes con la COVID-19.

Por último, en la imagen 8-1 se anexa el permiso otorgado por el Centro Medico Crecer y en la 8-2 se evidencia una encuesta realizada al coordinador del área de ingeniería biomédica, en las cuales se demuestra la aprobación y contribución de la clínica en la realización del proyecto.

Imagen 8-1: Permiso otorgado por el Centro Medico Crecer

Fuente: Imagen tomada por los autores

Imagen 8-2: Encuesta al coordinador del área de ingeniería biomédica

Cartagena, 23 de Noviembre del 2020

Señor
Javier Eduardo Gamero Visbal.
Centro Médico Crecer.

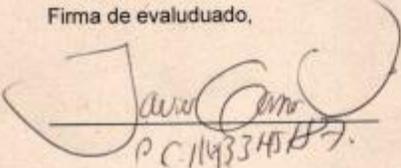
Las estudiantes de la facultad de ingeniería biomédica, Indira Arrieta P. y Niyana Ruiz Llorente, llevaron a cabo su proyecto de tesis en Centro Médico Crecer teniendo en cuenta que una de las estudiantes se encuentra laborando en dicha empresa, viendo como necesidad una herramienta que le evite al personal asistencial contraer el virus de la covid-19, por lo cual deciden desarrollar una prueba piloto de un aplicativo móvil el cual lleva como título "prueba piloto de un software para el telemonitoreo de signos vitales en pacientes covid-19 de la UCI del Centro Médico Crecer."

Por lo anterior pedimos a usted como coordinador del área de equipos biomédicos evaluar y dar su concepto si la aplicación la ve viable como una herramienta que sirva para el personal médico.

1) ¿Considera usted que la aplicación cumple con los parámetros vitales?
SÍ.

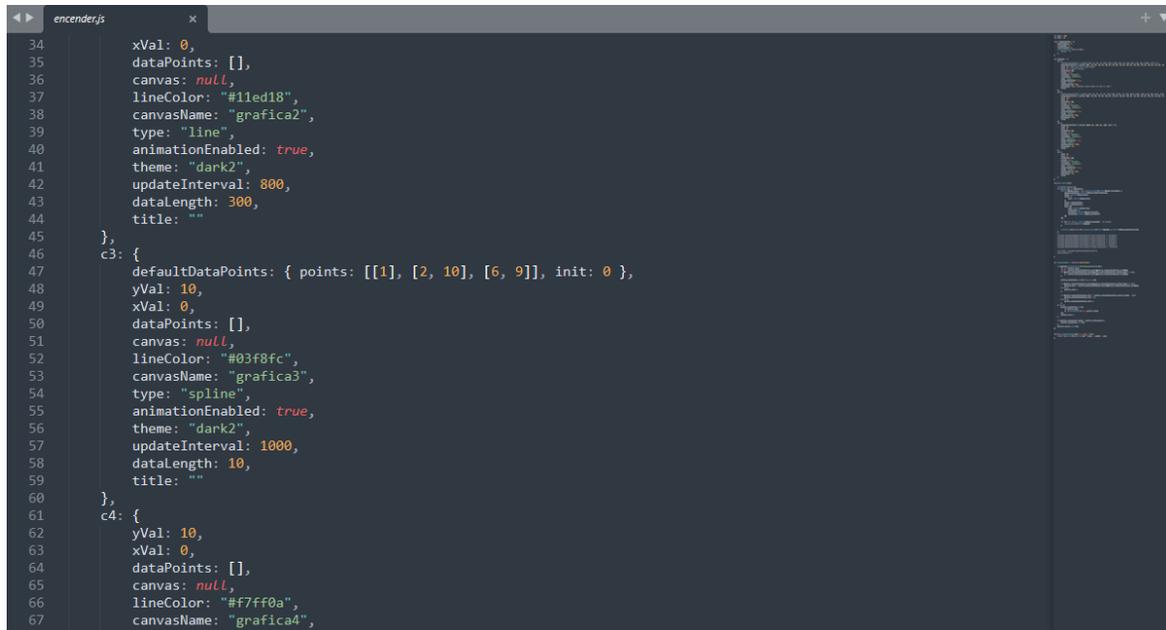
2) ¿Considera usted que la aplicación cumple como herramienta para evitar que el personal se contagie?
SÍ.

3) ¿Qué le gustaría que se le mejore a la aplicación?
Incluir o diseñar gráficas. Sin embargo, se entiende que es un proyecto piloto y estamos de acuerdo.

Firma de evaluado,

P.C. 114334517.

Fuente: Imagen tomada por los autores

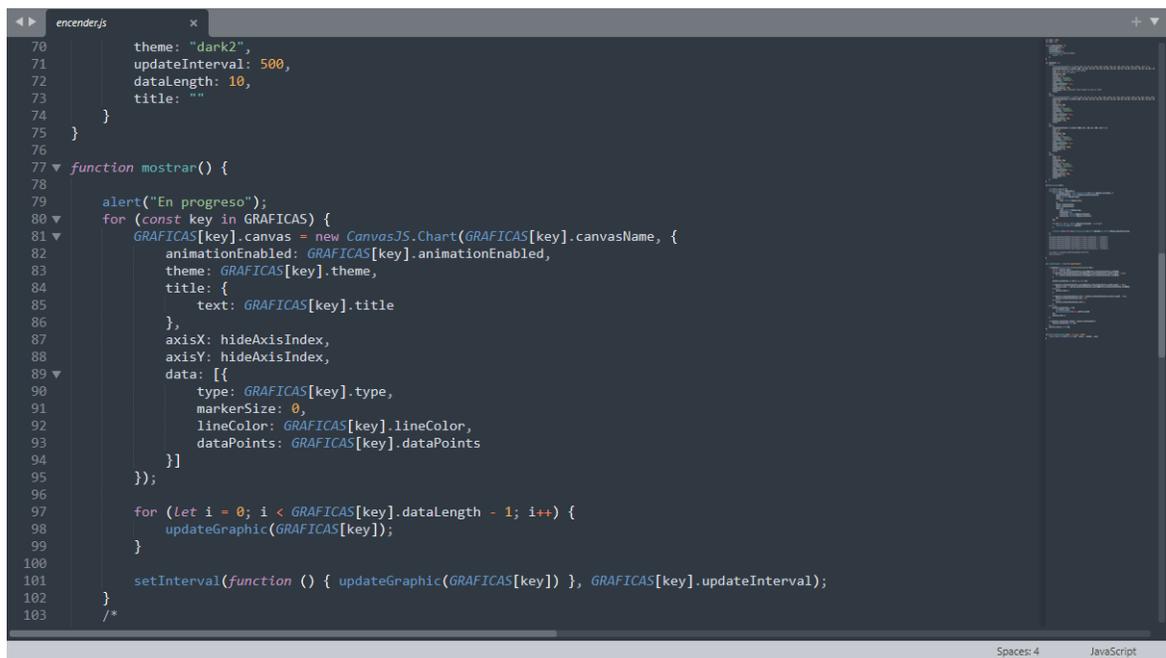
Imagen 9-2: Código fuente



```
encender.js
34     xVal: 0,
35     dataPoints: [],
36     canvas: null,
37     lineColor: "#11ed18",
38     canvasName: "grafica2",
39     type: "line",
40     animationEnabled: true,
41     theme: "dark2",
42     updateInterval: 800,
43     dataLength: 300,
44     title: ""
45   },
46   c3: {
47     defaultDataPoints: { points: [[1], [2, 10], [6, 9]], init: 0 },
48     yVal: 10,
49     xVal: 0,
50     dataPoints: [],
51     canvas: null,
52     lineColor: "#03f8fc",
53     canvasName: "grafica3",
54     type: "spline",
55     animationEnabled: true,
56     theme: "dark2",
57     updateInterval: 1000,
58     dataLength: 10,
59     title: ""
60   },
61   c4: {
62     yVal: 10,
63     xVal: 0,
64     dataPoints: [],
65     canvas: null,
66     lineColor: "#f7ff0a",
67     canvasName: "grafica4",
```

Fuente: Imagen tomada por los autores

Imagen 9-3: Código fuente



```
encender.js
70     theme: "dark2",
71     updateInterval: 500,
72     dataLength: 10,
73     title: ""
74   }
75 }
76
77 function mostrar() {
78   alert("En progreso");
79   for (const key in GRAFICAS) {
80     GRAFICAS[key].canvas = new CanvasJS.Chart(GRAFICAS[key].canvasName, {
81       animationEnabled: GRAFICAS[key].animationEnabled,
82       theme: GRAFICAS[key].theme,
83       title: {
84         text: GRAFICAS[key].title
85       },
86       axisX: hideAxisIndex,
87       axisY: hideAxisIndex,
88       data: [{
89         type: GRAFICAS[key].type,
90         markerSize: 0,
91         lineColor: GRAFICAS[key].lineColor,
92         dataPoints: GRAFICAS[key].dataPoints
93       }]
94     });
95   }
96   for (let i = 0; i < GRAFICAS[key].dataLength - 1; i++) {
97     updateGraphic(GRAFICAS[key]);
98   }
99   setInterval(function () { updateGraphic(GRAFICAS[key]) }, GRAFICAS[key].updateInterval);
100 }
101 /*
```

Fuente: Imagen tomada por los autores

Imagen 9-4: Código fuente

```

1  /*
2  CanvasJS jQuery Charting Plugin - https://canvasjs.com/
3  Copyright 2020 fenopix
4
5  ----- License Information -----
6  CanvasJS is a commercial product which requires purchase of license. Without a commercial license you can use it for evalu
7  https://canvasjs.com/license/
8
9  */
10 /*eslint-disable*/
11 /*jshint ignore:start*/
12 (function(b,c,d,e){b.fn.CanvasJSChart=function(a){if(a){var b=this.first();a=new CanvasJS.Chart(this[0],a);b.children(".can
13
14 */
15 CanvasJS HTML5 & JavaScript Charts - v3.0.5 GA - https://canvasjs.com/
16 Copyright 2020 fenopix
17
18 ----- License Information -----
19 CanvasJS is a commercial product which requires purchase of license. Without a commercial license you can use it for evalu
20 https://canvasjs.com/license/
21
22 */
23 (function(){function oa(k,l){k.prototype=db(1.prototype);k.prototype.constructor=k;k.base=1.prototype}function db(k){functio
24 1*1);return k}function X(k,l){var v=1;0>k&&(v=!0,k*=-1);k=""+k;for(1=1;l:1;k.length<l;)k="0"+k;return v?"-"+k:k}function G
25 v+t-ra);this.quadraticCurveTo(k+s,v+t,k+s-ra,v+t);this.lineTo(k+ra,v+t);this.quadraticCurveTo(k,v+t,k,v+t-ra);this.lineTo(k
26 Math.floor(s);for(0>s&&(s+=v);s<v;s++)if(s in this&&this[s]==k)return s;return-1}function s(k){return null==k||"undefined"
27 k+; font-size:"+1+"px; font-weight:"+v+";if(lwa){var ra=document.body;wa=document.createElement("span");wa.innerHTML="";s
28 2],dashDot:[4,2,1,2],longDash:[8,2],longDashDot:[8,2,1,2],longDashDotDot:[8,2,1,2,1,2]}[k||"solid"])for(var s=0;s<v.length;
29 La(k._menuButton):ua(k._menuButton);else if(k.exportEnabled&&t){var l=1;k._menuButton=document.createElement("button");va(
30 10);P(k._menuButton,"mouseover",function(){l|(pa(k,k._menuButton,{backgroundColor:k.toolbar.backgroundColorOnHover,color:k
31 {WebkitFilter:"invert(0%)",filter:"invert(0%)"}));k._allDOMEventHandlers,l0}}if(!k._dropdownMenu&&k.exportEnabled&&t){l=1;k
32 k.toolbar.backgroundColor+";box-shadow: 2px 2px 10px "+v;k._dropdownMenu.style.display="none";k._toolbar.appendChild(k._drop
33 10);k._allDOMEventHandlers);P(v,"mouseover",function(){l|(this.style.backgroundColor=k.toolbar.backgroundColorOnHover,this.s
34 k._cultureInfo.saveJPGText;v.style.backgroundColor=k.toolbar.backgroundColor;v.style.color=k.toolbar.fontColor;k._dropdownM

```

Fuente: Imagen tomada por los autores

Imagen 9-5: Código fuente

```

1  #indicador1, #indicador2, #indicador3, #indicador4, #indicador5, #indicador6, #img_corazon, #img_campana1, #img_campana2,
2  #ila, #ilb, #ilc, #ild, #i2a, #i2b, #img_barra, #i4a, #img_campana1act, #img_campana2act {
3  visibility: hidden;
4  }
5
6  #titulo {
7  text-align: center;
8  }
9
10 #img_corazon{
11 margin-left: 10px;
12 }
13
14 #grafica1, #info1, #grafica2, #info2, #grafica3, #info3, #grafica4, #info4 {
15 float: left;
16 margin-left: 10px;
17 margin-bottom: 10px;
18 }
19
20 #grafica1, #grafica2, #grafica3, #grafica4 {
21 border-style: solid;
22 height: 160px;
23 width: 55%;
24 }
25
26 #info1, #info2, #info3, #info4 {
27 border-style: solid;
28 height: 160px;
29 width: 250px;
30 background-color: dimgrey;
31 }
32
33 #selector {
34 margin-left: 20px;

```

Fuente: Imagen tomada por los autores

Bibliografía

Aguilar García, C. R., & Martínez Torres, C. (2017). La realidad de la Unidad de Cuidados Intensivos. *Medicina crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica)*, 31(3), 171-173.

Appnet blog. (2020, junio 22). ▷ Android Studio el entorno de desarrollo oficial de Android. *Blog de Tu-App.net - Conviértete en un experto en Marketing Móvil*.
<https://www.tu-app.net/blog/android-studio/>

Aqueveque, P., & Gutiérrez, C. A. (2016). *Sistema de monitoreo continuo de signos vitales con sensores no invasivos y transmisión inalámbrica de datos*.
<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/1945>

- Barbagelata, A. D., & Perna, E. (2020, mayo 12). *SIAC | Prevención del colapso del sistema de salud en pacientes cardiovasculares con COVID-19 | SIAC*.
<http://www.siacardio.com/novedades/covid-19/prevencion-del-colapso-del-sistema-de-salud-en-pacientes-cardiovasculares-con-covid-19/>
- Bustamante Osorno, J., Sáenz Cogollo, J., & Amaya Casas, A. (2008). Sistema de detección, registro y telemonitoreo de arritmias cardiacas. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 13.
- Calvo, D. (2018, abril 7). Metodología XP Programación Extrema (Metodología ágil). *Diego Calvo*. <https://www.diegocalvo.es/metodologia-xp-programacion-extrema-metodologia-agil/>
- Canive, T., & Balet, R. (2019). *Metodología XP o Programación Extrema: ¿Qué es y cómo aplicarla?* Gestor de proyectos online. <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodologia-xp>
- Conde Elles, L. Z., Acosta Julio, A. J., Hernández Santos, R., & Guerrero, A. (2019). Diseño de un sistema para el monitoreo remoto de signos vitales en pacientes críticos con atención domiciliaria. *Perspectiv@s*, 15(15), 51-55.
- Conner, S. (2020, 0). *Dispositivo CSAIL permite a los médicos monitorear a los pacientes con COVID-19 a distancia | MIT CSAIL*. <https://www.csail.mit.edu/news/csail-device-lets-doctors-monitor-covid-19-patients-distance>
- Developer. (2020). *Introducción a Android Studio | Desarrolladores de Android*.
<https://developer.android.com/studio/intro?hl=es>
- EDAN. (2012). *EDAN manual de usuario im50/im80*.
- EDAN. (2021). *Edan*. <https://www.edan.com/>

Ley 1122, Pub. L. No. 1122 de 2007, Diario Oficial No. 46.506 (2007).

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1122_2007.html

Ley 1341, Pub. L. No. ley 1341 de 2009, Diario Oficial No. 47.426 (2009).

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1341_2009.html

Ley 1419, Pub. L. No. LEY 1419 DE 2010 (2010).

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=40937>

Ley 1438, Pub. L. No. ley 1438 de 2011, Diario Oficial No. 47.957 (2011).

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1438_2011.html

Ley 1751, Pub. L. No. LEY ESTATUTARIA 1751 DE 2015, Diario Oficial No. 49.427

(2015). http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1751_2015.html

Ley 1753, Pub. L. No. LEY 1753 DE 2015, Diario Oficial No. 49.538 (2015).

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1753_2015.html

EL HERALDO. (2020, mayo 7). *La COVID-19 acelera la telemedicina en Colombia*. EL

HERALDO. [https://www.elheraldo.co/colombia/la-covid-19-acelera-la-](https://www.elheraldo.co/colombia/la-covid-19-acelera-la-telemedicina-en-colombia-724480)

[telemedicina-en-colombia-724480](https://www.elheraldo.co/colombia/la-covid-19-acelera-la-telemedicina-en-colombia-724480)

Resolución 2003, Pub. L. No. RESOLUCIÓN 2003 DE 2014, Diario Oficial No. 49.167

(2014).

https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsaludps_2003_2014.

htm

Decreto 1011 de 2006, Pub. L. No. Decreto 1011 de 2006, 46.230 (2015).

https://www.redjurista.com/Documents/decreto_1011_de_2006_ministerio_de_la

[proteccion_social.aspx](https://www.redjurista.com/Documents/decreto_1011_de_2006_ministerio_de_la_proteccion_social.aspx)

- Güzey, I., & Uçar, Ö. (2018). *Machine Learning Based Non-Invasive Vital Signs Analysis for Preterm Sepsis Risk Prediction* (SSRN Scholarly Paper ID 3319633). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=3319633>
- HIC. (2017). *Monitor de Signos Vitales—Sing Care*.
<http://www.fcv.org/site/investigacion/innovacion/monitor-de-signos-vitales-sing-care>
- Hospital Universitario Torrecárdenas. (2019, 03). Cuidados intensivos. *Hospital Universitario Torrecárdenas*. <https://www.hospitaltorrecardenas.es/area-hospitalaria/unidades-de-gestion-clinica/unidades-de-gestion-clinica/cuidados-intensivos/>
- Iglesias-Osores, S., & Acosta-Quiroz, J. (2020). Efectos en los sistemas de salud de la pandemia por COVID-19: *Revista Experiencia en Medicina del Hospital Regional Lambayeque*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.37065/rem.v6i2.444>
- IntraMed. (2020, mayo 28). *Complicaciones cardiovasculares en COVID-19—COVID-19—IntraMed*. <https://www.intramed.net/contenidover.asp?contenido=96149>
- Invarato, R. (2015, mayo 17). ART vs DALVIK, arquitectura Android. *Jarroba*.
<https://jarroba.com/arquitectura-android-art-vs-dalvik/>
- Laines Fuentes, J. R. (2014, octubre 14). *Lea Desarrollo de Software Ágil: Extreme Programming y Scrum de José Rubén Laínez Fuentes en línea | Libros*.
<https://es.scribd.com/book/328719458/Desarrollo-de-Software-Agil-Extreme-Programming-y-Scrum>
- Resolución 0429, Pub. L. No. Resolucion 0429, 6 (2006).
<https://www.dssa.gov.co/index.php/documentos-de-interes/memorias-eventos/evento-5-de-diciembre-del-2016/1497-resolucion-0429-de-2016-1/file>

Resolución 1441, Pub. L. No. Resolución 1441 de 2016, 46 (2016).

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-1441-2016.pdf>

Resolución 2654, Pub. L. No. Resolución 2654 DE 2019, Diario Oficial No. 51.096 (2019).

https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsaludps_2654_2019.htm

Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). *TELESALUD Y TELEMEDICINA PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE SALUD EN LA PANDEMIA POR COVID-19*.

<https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/PSSS04.pdf>

Resolución 5857, Pub. L. No. Resolución 5857 de 2018, Diario oficial No. 50.818 (2018).

https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_5857_de_2018_msp.aspx

Minsalud. (2021). *CORONAVIRUS (COVID-19)*.

https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Paginas/Covid-19_copia.aspx

MinTic. (2020, mayo 18). *Centro de Excelencia y Apropiación desarrollará proyecto*

basado en Internet de las Cosas para hacer seguimiento a pacientes con

COVID19—Centro de Excelencia y Apropiación desarrollará proyecto basado en

Internet de las Cosas para hacer seguimiento a pacientes con COVID19. MinTIC

Colombia. <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-144822.html>

Novillo Ortiz, D. (2016). *Marco de Implementación de un Servicio de Telemedicina.pdf*.

<http://www.codajic.org/sites/www.codajic.org/files/Marco%20de%20Implementaci%C3%B3n%20de%20un%20Servicio%20de%20Telemedicina.pdf>

OMS. (2020, marzo 30). *La OMS publica directrices para ayudar a los países a mantener los servicios sanitarios esenciales durante la pandemia de COVID-19.*

<https://www.who.int/es/news-room/detail/30-03-2020-who-releases-guidelines-to-help-countries-maintain-essential-health-services-during-the-covid-19-pandemic>

OMS. (2021). *Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19).*

Organizacion Mundial de la Salud.

<https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>

OPS. (2020). *OPS/OMS | CRICS9: Expertos destacan importancia de eSalud en el acceso de los servicios de salud.* Pan American Health Organization / World Health Organization.

https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=7346:2012-crics9-expertos-destacan-importancia-esalud-acceso-servicios-salud&Itemid=135&lang=es#:~:text=La%20eSalud%20puede%20contribuir%20a%20informaci%C3%B3n%20basada%20en%20pruebas

Penadés, M. C., & Torres, P. O. L. (2006). Metodologías ágiles para el desarrollo de software: EXtreme Programming (XP). *Técnica administrativa*, 5(26), 1.

PHILIPS. (2020, julio 21). *Philips y BioIntelliSense colaboran para mejorar la monitorización remota de pacientes.* Philips. <https://www.philips.es/aw/about/news/archive/standard/news/press/2020/20202107-philips-bio-intellisense-collaborate-improve-remote-patient-monitoring.html>

Portafolio. (2020, junio 12). *Telemedicina, un reto para Colombia.* Portafolio.co.

<https://www.portafolio.co/mas-contenido/telemedicina-un-reto-para-colombia-541711>

Rouse, M. (2019, julio 9). Base de datos: ¿qué tipos hay y cómo funciona conectada a un software? *TIC Portal*. <https://www.ticportal.es/glosario-tic/base-datos-database>

State Farm. (2020). *El monitoreo de salud móvil y la telemedicina ayudan a la salud de las personas de la tercera edad—State Farm®*. State Farm.

<https://es.statefarm.com/simple-insights/familia/monitoreo-de-salud-movil-para-personas-de-la-tercera-edad>

TECNOLOGIAS INFORMACION. (2018). *Bases de Datos para Android*.

<https://www.tecnologias-informacion.com/basedatosandroid.html>

Telemetrik. (2018). Telemetría - ¿Qué es? - Aplicaciones - Casos de uso. *Telemetrik*.

<https://telemetrik.co/telemetria-que-es-aplicaciones-casos-de-uso/>

TIC Portal. (2019, julio 9). Base de datos. *TIC Portal*. <https://www.ticportal.es/glosario-tic/base-datos-database>

Trujillo, C. H. S. (2020). SECCIÓN V. Manejo del paciente con infección por SARS-CoV-2/COVID-19. Consenso colombiano de atención, diagnóstico y manejo de la infección por SARS-CoV-2/COVID-19 en establecimientos de atención de la salud: Recomendaciones basadas en consenso de expertos e informadas en la evidencia ACIN-IETS. SEGUNDA EDICIÓN.1 de agosto de 2020. *Infectio*, 24(3), Article 3. <https://doi.org/10.22354/in.v24i3.891>

Vaca, R., & Veltri, I. (2020, marzo 16). (PDF) *Artículo de Actualidad Médica Telemedicina en el Contexto de la Pandemia de Coronavirus Proyecto de Telemonitoreo*

Domiciliario. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/publication/340399183_Articulo_de_Actualidad_Medica_Telemedicina_en_el_Contexto_de_la_Pandemia_de_Coronavirus_Proyecto_de_Telemonitoreo_Domiciliario

Vallejo Mera, G. P. (2015, octubre). *Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad.*

http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15108/1/Tesis_t1071ec.pdf

Vega, J. I., Lagos Acosta, M. A., Sánchez Rangel, F. J., & Cosme Aceves, J. F. (2019).

MONITOREO DE SIGNOS VITALES USANDO IoT (MONITORING OF VITAL SIGNS USING IoT). *Pistas Educativas*, 41(134), Article 134.

<http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/2100>

Viloria Núñez, C., Cardona Peña, J., & Saavedra Antolinez, I. (2014). Cardio and

Respiratory Rates Telemonitoring through a Web System with JSP. *Ingeniería y Desarrollo*, 32(1), 102-114.

VMware. (2020). *What is Application Security? | VMware Glossary*. VMware.

<https://www.vmware.com/topics/glossary/content/application-security.html>

World Health Organization (Ed.). (2010). *Telemedicine: Opportunities and developments*

in member states: report on the second Global survey on eHealth. World Health

Organization.