

SISTEMA DE MONITOREO DE PULSO, TEMPERATURA Y SATURACIÓN DE OXÍGENO PARA SEGUIMIENTO DE PACIENTES EN CENTROS DE SALUD “DOC-CHECKER”

Trabajo Terminal No. ____ - ____

Resumen - Se desarrollará un sistema que utilizará un sistema embebido que considerando diversos datos y la lectura a través de sensores de los signos vitales del paciente, tales como, pulso, temperatura y saturación de oxígeno a través de sensores, dicha información será enviada a un servidor para ser procesada con el uso de técnicas de minería de datos con el fin de identificar modelos de generalización, patrones de comportamiento, relación de variables y la expresión mediante reglas de comportamiento se podrá generar información tanto para el paciente como el especialista médico información sobre el estado de sus pacientes o en su caso notificarle alguna anomalía empleando una aplicación híbrida.

Palabras clave - aplicación híbrida, sensores, signos vitales, sistema embebido, minería de datos

1. Introducción

La mensuración de signos vitales es “un proceso que refleja el estado fisiológico de los órganos vitales: cerebro, corazón, pulmones”[1], es una intervención que forma parte de la valoración del paciente, se realiza de manera constante en Instituciones de Salud.

La toma de signos vitales es una actividad prioritaria y de gran valor para la seguridad del paciente, se hace con el fin de identificar signos y síntomas de alarma en los pacientes, contribuye a disminuir complicaciones, mejorar la satisfacción del usuario y asegurar la calidad de los procesos. Los parámetros que integran la medición son: temperatura corporal, el pulso, la respiración y la presión arterial [1].

Mencionada la importancia sobre la toma de signos vitales se hace notar la necesidad de implementar estrategias de mejora para el proceso de toma de signos vitales, así como el monitoreo sistemático del mismo que asegure la medición y el reporte fidedigno del proceso, contribuyendo a la calidad y seguridad del paciente.

Se recabarán datos generales de los pacientes que serán de ayuda para encontrar atributos semejantes con alguna enfermedad que los pacientes puedan tener o desarrollar, utilizando técnicas de minería de datos, en particular, el árbol de clasificación teniendo como resultado información relevante.

Este sistema puede ser utilizado en el sector salud, tanto en hospitales, como clínicas o centros de salud, en una situación ordinaria e inclusive en una situación extraordinaria. La infraestructura del sistema de salud mexicano ha mostrado tener diversas deficiencias, tanto en la calidad de atención a un paciente, como la escasez de equipo médico o el mal estado y poco mantenimiento de estos, el 24 de diciembre del 2019 el universal informó lo siguiente:

“Todas sus unidades, hospitales y clínicas de primer, segundo y tercer nivel operan con equipos e instrumental médico viejo, que cumplieron su vida útil, lo que pone en riesgo la atención y la salud de 52.7 millones de derechohabientes [2].”

También podría mencionarse la toma de los signos vitales que se llega a hacer con métodos menos precisos y más anticuados, esto podría provocar que el sistema en una situación de extrema delicadeza llegue a colapsar, el ejemplo más reciente de ello fue la llegada de una pandemia, cuando nadie se lo esperaba, en esa ocasión la atención médica en los hospitales fue en extremo demandada, provocando una saturación de los servicios de salud.

En caso de una situación preocupante, como puede ser una pandemia se necesitaría de mayor cantidad de personal dentro de una institución de salud o bien contar con una infraestructura que permita al hospital atender a una mayor cantidad de gente, DOC-CHECKER pretende ser un sistema un tanto más económico que podría ayudar a la toma de signos vitales como la temperatura, pulso cardíaco y la oxigenación o el seguimiento del estado de salud de un paciente con el personal de salud que cuenta un hospital, por supuesto que no sustituye a los enfermeros, pero si ayuda a que un enfermero pueda monitorear más pacientes en alguna situación de gravedad.

Se propone desarrollar un sistema que agilice el tiempo de respuesta de la atención médica, con esto se busca que el sistema sea una ayuda para dotar a los hospitales de tecnología para el monitoreo de estas variables por medio de un sistema accesible económicamente e innovador. La información recolectada será procesada creando un árbol de clasificación con el fin de hallar características generales de los pacientes dentro de algunas enfermedades.

Algunos de los sistemas similares que se han desarrollado se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Cuadro comparativo de productos similares

Nombre del sistema	Proveedor	Descripción	Alcance
Monitor de signos vitales PM-7000D [3]	Zoncare	Monitor capaz de medir las variables ECG, HR, NIBP SpO2, 2-TEMP y RESP	Disponible preferentemente para hospitales o individuos con gran valor adquisitivo.
Ritmo Cardíaco App [4]	Azumio Inc.	Aplicación que utiliza la cámara integrada y el flash LED en el teléfono para medir el ritmo cardíaco, genera un gráfico de pulsos por minuto y monitorea una sesión de cardio.	Puede ser utilizado por cualquier persona que cuente con un smartphone que tenga una cámara y un flash.
Monitor de signos vitales con comunicación inalámbrica Wi-Fi para unidad de cuidados intensivos desarrollado en LabVIEW y la tarjeta myRIO-1900 [5]	Centro de Investigación de Cómputo	Monitor de signos vitales inalámbrico, mide: -electrocardiografía -oximetría -neumografía -temperatura -frecuencia cardíaca -frecuencia respiratoria -saturación parcial de oxígeno Utilizando la tarjeta myRIO-1900 y envío de datos a través de Wi-Fi desplegando los mismos en una PC con la programación de una interfaz en LabVIEW.	Limitado a participantes del proyecto

2. Objetivo

Objetivo general

- Diseñar un sistema de monitoreo de signos vitales para el seguimiento de pacientes en centros de salud utilizando sensores conectados a una placa de desarrollo que enviará sus lecturas a un servidor para su posterior análisis que permitirá encontrar tendencias en el riesgo de estos mismos y consulta en una aplicación híbrida.

Objetivos específicos

- Desarrollar módulo de sensores utilizando la placa de desarrollo para la recuperación continua de signos vitales
- Desarrollar el módulo del servidor para realizar el procesamiento para la identificación de modelos y/o patrones de comportamiento de los datos
- Desarrollar el módulo de la aplicación híbrida con herramientas para desarrollo web para establecer la comunicación entre la aplicación y los diversos usuarios del sistema

3. Justificación

El monitoreo de los signos vitales de pacientes en los hospitales resulta del uso de técnicas y métodos ineficientes y poco actualizados.

De acuerdo con un diagnóstico del Instituto Mexicano del Seguro Social, fechado en noviembre del 2019, “si se recorre el territorio nacional, los problemas asociados al equipo médico son comunes en unidades médicas e instituciones de atención a la salud, si bien varían en escala de severidad, pero con problemas como: baja calidad en la prestación de los servicios de salud, ocasionada por falta de disponibilidad de equipos médicos involucrados en el diagnóstico y tratamiento del paciente, a causa de no contar con insumos, funcionar inapropiadamente o estar fuera de operación por descompostura o sobreuso” [6].

En cuanto a la infraestructura de mobiliario, el IMSS ha determinado la existencia de equipos médicos e instrumentos quirúrgicos dañados, y en algunos casos se encuentran obsoletos, por haber excedido su vida útil, lo que podría interrumpir el diagnóstico y tratamiento, así como las complicaciones en la enfermedad, provocando un mayor deterioro de la salud del paciente. Imposibilitando a las instituciones brindar un mejor servicio.

La propuesta del equipo para ayudar a atacar esta problemática es desarrollar un sistema que se encargue de leer signos vitales del paciente, pulso, temperatura y saturación de oxígeno ya que estos son los principales signos que se recomienda monitorear en un paciente, y que se notifique al doctor encargado de dichos pacientes a través de una aplicación híbrida en caso de que alguno de los signos vitales monitoreados se encuentre en niveles inadecuados.

También se utilizará un software con el que se realizará un análisis de la información obtenida de los pacientes, como: edad, peso, actividad física, sexo, tipo de sangre, lugar de residencia, etc., junto a los signos vitales leídos por el sistema, este análisis arrojará información general con la que agruparemos a los pacientes dentro de una enfermedad que sería propenso a tener, dichas clasificaciones serán algunas enfermedades que afecten principalmente los signos vitales que estamos monitoreando, estas enfermedades se seleccionarán a futuro, de acuerdo a los datos recolectados, se buscará una relación entre los mismos.

Esta propuesta destaca en la portabilidad de datos indispensables para el cuidado del paciente proporcionando herramientas tecnológicas e innovadoras que puedan ayudar al área de la salud a hacer frente a la obsolescencia anteriormente descrita, proporcionando una manera alterna de monitorear el estado del paciente y haciendo frente a una situación adversa, con el propósito de mejorar la infraestructura de los hospitales.

4. Productos o Resultados esperados

En la Figura 1 se muestra a grandes rasgos la arquitectura del sistema. El servidor funciona como intermediario entre el módulo de monitoreo y la aplicación del usuario, en este caso, el doctor.

En la Figura 1 se muestra la comunicación del equipo de monitoreo, con el servidor, el cual tendrá que mandar a este mismo los datos leídos para que el servidor los pueda almacenar en una base de datos y enviarlos al usuario de la aplicación, posteriormente se muestra la comunicación entre el servidor y la aplicación del usuario.

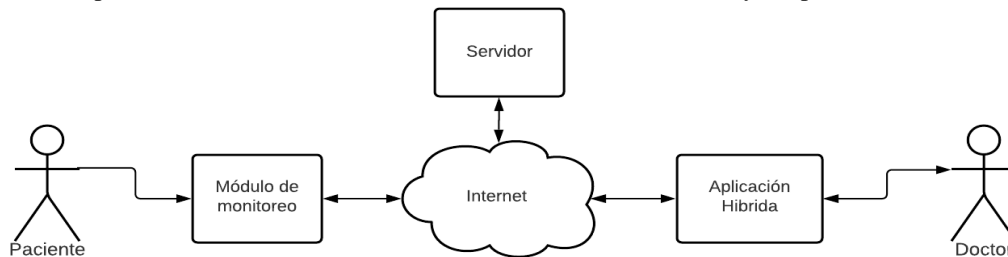


Figura 1. Modelo de la arquitectura del sistema

Los productos con los que espera contar el equipo al final del desarrollo del proyecto son los siguientes:

1. Sistema de Monitoreo de Signos Vitales
2. Aplicación Híbrida
3. Módulo de monitoreo
4. Informe basado en el análisis de datos
5. Manual Técnico
6. Manual de usuario

Estas son partes esenciales y que implementan las funcionalidades que se espera tenga el sistema.

5. Metodología

Para llevar a cabo el prototipo se consideró como mejor alternativa el uso del modelo en V, puesto que esta metodología es la que mejor se adapta al desarrollo de sistemas embebidos, en ella se parte de un análisis y diseño, sigue con una implementación y concluye con una depuración e integración final, todo esto a través de un proceso que consta de 8 etapas.

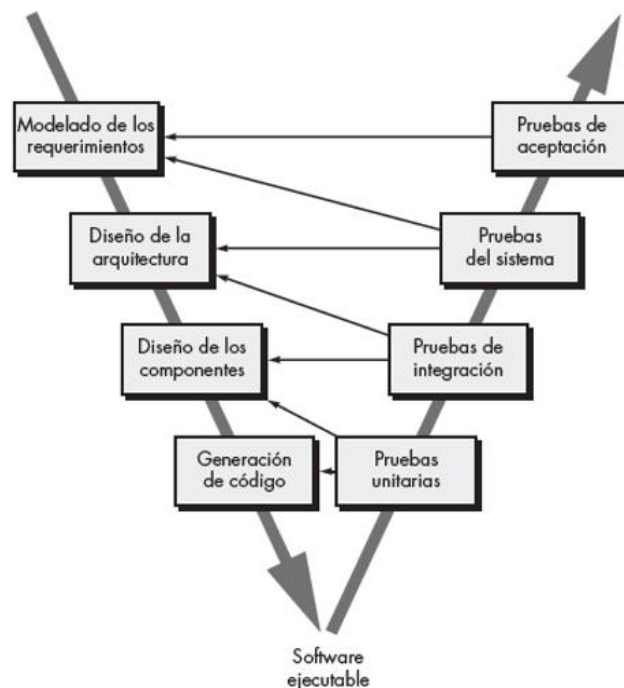


Figura 2. Modelo de proceso en V [7].

En el desarrollo del proyecto se pretende especificar el diseño del sistema embebido, el módulo de lectura de signos, la aplicación híbrida y el servidor, así como realizar su implementación. En el test unitario se verifica cada módulo de HW y SW individualmente, depurando cada uno de ellos hasta obtener el resultado esperado. La fase de integración acopla estos módulos y se concluye con la realización de pruebas sobre un escenario real con el uso del test operacional [8].

6. Cronograma

Consultar Anexo A.

7. Referencias

- [1] M. Fernández Jaimes, R. Zárate Grajales, J. Ochoa Cervantes and M. Ramírez Antonio, "La evaluación de la calidad de los signos vitales como indicador de proceso en la Gestión del Cuidado de Enfermería", Revista Mexicana, CDMX, 2010.
- [2] N. Cruz Serrano, "En el IMSS, equipo obsoleto pone en riesgo a pacientes", *El Universal*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/en-el-imss-equipos-obsoletos-pone-en-riesgo-pacientes>. [Accesado: 29- May- 2021].
- [3] "PM-7000D Detalles del producto", Zoncare.com, 2021. [En línea]. Disponible en: http://www.zoncare.com/html/sp/cp/xd/jhy/PM_7000D/. [Accesado: 18- May- 2021].
- [4] Azumio Inc., "Ritmo Cardíaco - Monitor Pulso". Google Play. [En línea]. Disponible en: https://play.google.com/store/apps/details?id=si.modula.android.instantheartate&hl=es_MX&gl=US. [Accesado: 17-Mayo-2021].
- [5] H. García et al., "Monitor de signos vitales con comunicación inalámbrica Wi-Fi para unidad de cuidados intensivos desarrollado en LabVIEW y la tarjeta myRIO-1900", CIC, 2018. [En línea]. Disponible en: https://rcs.cic.ipn.mx/2018_147_12/Monitor%20de%20signos%20vitales%20con%20comunicacion%20inalambrica%20Wi-Fi%20para%20unidad%20de%20cuidados.pdf. [Accesado: 17-Mayo-2021].
- [6] Instituto Nacional de Migración, "Temas de 1a Plana 241219", inm.gob.mx, 2019. [En Línea]. Disponible en: <https://www.inm.gob.mx/gobmx/word/index.php/temas-de-1a-plana-241219/>. [Accesado: 29- May- 2021].
- [7] R. Pressman, "Ingeniería del software: Un enfoque práctico", New York: McGraw-Hill, 2010, 7th ed., pp. 35.
- [8] Pérez, A et al, "Una metodología para el desarrollo de hardware y software embebidos en sistemas críticos de seguridad", Systemics, Cybernetics and Informatics Journal, vol. 3, Núm. 2, 2006, pp. 70-75.

Anexo A - Cronograma de Actividades

Id.	Actividades	2021						2022					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1	Análisis de requerimientos del sistema Doc-Checker												
2	Análisis de requerimientos módulo de monitoreo <ul style="list-style-type: none"> • Selección de sensor de temperatura • Selección de sensor para oximetría • Selección de sensor de frecuencia cardíaca • Selección de la placa de desarrollo 												
3	Diseño del módulo de monitoreo <ul style="list-style-type: none"> • Diseño de la comunicación • Realización de diagramas del funcionamiento • Diagramas de flujo de datos lógico 												
4	Diseño de los componentes del módulo de monitoreo												

	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipo del módulo de sensado • Componente de comunicación • Componente de lectura 												
5	Implementación del módulo de monitoreo <ul style="list-style-type: none"> • Diseño del algoritmo a programar en la placa de desarrollo • Codificación del algoritmo 												
6	Presentación TTI												
7	Pruebas unitarias del módulo de monitoreo <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas funcionales • Pruebas de disponibilidad de datos 												
8	Pruebas de integración del módulo de monitoreo <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de comunicaciones • Pruebas de entorno 												
9	Pruebas del sistema <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de rendimiento • Pruebas de operación 												
10	Pruebas de aceptación												

	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de facilidad de uso • Pruebas de seguridad 												
11	Presentación TT2												
12	Realización del manual técnico												
13	Realización del manual de usuario												

CRONOGRAMA Nombre del alumno: Domínguez Reyes Jesús Alejandro

TT No.:

Título del TT: Sistema de monitoreo de pulso, temperatura y saturación de oxígeno para seguimiento de pacientes en centros de salud "Doc-checker"

Id.	Actividades	2021						2022					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1	Análisis de requerimientos del sistema Doc-Checker												
2	Análisis de requerimientos de la aplicación híbrida. <ul style="list-style-type: none"> • Selección de lenguajes de programación. • Selección de Framework. • Selección de entorno de desarrollo. 												

3	Diseño de la aplicación híbrida. <ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de contexto • Diagramas de secuencia • Diagramas de actividades • Creación de Mock-ups. 												
4	Diseño de los componentes de la aplicación híbrida. <ul style="list-style-type: none"> • Codificación de cada componente 												
5	Implementación de la aplicación híbrida. <ul style="list-style-type: none"> • Codificación de aplicación. • Adaptación de código a diferentes entornos. 												
6	Presentación TTI												
7	Pruebas unitarias del módulo de la aplicación híbrida. <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas funcionales • Pruebas de disponibilidad de datos 												
8	Pruebas de integración del módulo con la aplicación híbrida. <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de comunicaciones 												

	<ul style="list-style-type: none"> Pruebas de entorno 												
9	Pruebas del sistema <ul style="list-style-type: none"> Pruebas de rendimiento Pruebas de operación 												
10	Pruebas de aceptación <ul style="list-style-type: none"> Pruebas de facilidad de uso Pruebas de seguridad 												
11	Presentación TT2												
12	Realización del manual técnico												
13	Realización del manual de usuario												

CRONOGRAMA Nombre del alumno: Nambo Velázquez Carlos

TT No.:

Título del TT: Sistema de monitoreo de pulso, temperatura y saturación de oxígeno para seguimiento de pacientes en centros de salud “Doc-checker”

Id.	Actividades	2021						2022					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1	Análisis de requerimientos del sistema Doc-Checker												
2	Análisis de requerimientos del servidor <ul style="list-style-type: none"> Comunicación con la aplicación 												

	<ul style="list-style-type: none"> Comunicación con la placa de desarrollo Comunicación con la base de datos 												
3	Diseño de la base de datos <ul style="list-style-type: none"> Tipo de base datos Modelo Entidad-Relación 												
4	Diseño del servidor <ul style="list-style-type: none"> Diseño de la comunicación 												
5	Diseño de los componentes del servidor <ul style="list-style-type: none"> Generación de pseudocódigo de cada componente 												
6	Implementación del servidor <ul style="list-style-type: none"> Codificación del servidor Levantamiento del servicio Tipo de sockets a utilizar 												
7	Presentación TTI												
8	Implementación de la base de datos <ul style="list-style-type: none"> Codificación de la base de datos Conexión entre base de datos y servidor 												

9	Pruebas unitarias del servidor <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas funcionales • Pruebas de disponibilidad de datos 												
10	Pruebas de integración del servidor <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de comunicación • Pruebas de Entorno 												
11	Pruebas del sistema <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de rendimiento • Pruebas de operación 												
12	Pruebas de aceptación <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de facilidad de uso • Pruebas de seguridad 												
13	Investigación de recopilación de datos												
14	Poblar la base de datos												
15	Tratamiento de Datos												
16	Transformación de Datos												
17	Aplicación de técnica de análisis de datos												
18	Evaluación de resultados												

19	Informe basado en el análisis de datos												
20	Presentación TT2												
21	Realización del manual técnico												
22	Realización del manual de usuario												

CRONOGRAMA Nombre del alumno: Velasco Martínez Alan Alexis

TT No.:

Título del TT: Sistema de monitoreo de pulso, temperatura y saturación de oxígeno para seguimiento de pacientes en centros de salud “Doc-checker”

Id.	Actividades	2021						2022					
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1	Análisis de requerimientos del sistema Doc-Checker												
2	Análisis de requerimientos del servidor												
3	Diseño de la base de datos												
4	Diseño del servidor												
5	Diseño de los componentes del servidor												
6	Implementación del servidor												
7	Presentación TTI												
8	Implementación de la base												

	de datos												
9	Pruebas unitarias del servidor <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas funcionales • Pruebas de disponibilidad de datos 												
10	Pruebas de integración del servidor <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de comunicación 												
11	Pruebas del sistema <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de rendimiento • Pruebas de operación 												
12	Pruebas de aceptación <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de facilidad de uso • Pruebas de seguridad 												
13	Investigación de recopilación de datos												
14	Poblar la base de datos												
15	Tratamiento de Datos												
16	Transformación de Datos												
17	Aplicación de técnica de análisis de datos												

18	Evaluación de resultados												
19	Informe basado en el análisis de datos												
20	Presentación TT2												
21	Realización del manual técnico												
22	Realización del manual de usuario												