



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Electrónica

“SISTEMA BIOMÉDICO EN EL MONITOREO DE PACIENTES HOSPITALIZADOS EN UNA CLÍNICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO EN EL AÑO 2021.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Electrónico**

Autores:

Pedro Gonzalo Coico Ibañez

Aly Estefano Pajuelo Chavez

Asesor:

Mg. Rolando Javier Berrú Beltrán

Trujillo - Perú

2021

## DEDICATORIA

Para Abraham, quién guía mi sendero y para Héctor Hugo, mi fiel escudero.

Pedro Coico Ibáñez

Con mucho afecto y en reciprocidad a todo el apoyo  
que he recibido de mis padres Sandra y Oscar. Para ustedes el logro y sueño cumplido.

Aly Pajuelo Chavez.

## AGRADECIMIENTO

A mis padres Pedro y Rosa por darme la vida y la oportunidad de estudiar una carrera universitaria. A mis tías Marita y Patty, por acogerme en un hogar lleno de amor y comprensión. A mis abuelos Cosme y Edith, por sus consejos e influencias. A Keith, por estar siempre cerca sin importar la distancia.

Pedro Coico Ibáñez

A mi familia por darme su apoyo incondicional, a mi hijo perruno Max por su compañía en las amanecidas de los trabajos, a todos mis profesores de UPN por querer ver lo mejor de mí, y por último a mis amigos, por los ánimos durante esta larga aventura.

Muchas gracias a todos.

Aly Pajuelo Chavez

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Realidad Problemática.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Formulación del Problema .....</b>	<b>36</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>37</b>
<b>1.4 Hipótesis .....</b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1. Tipo de investigación.....</b>	<b>38</b>
<b>2.2. Población y muestra .....</b>	<b>39</b>
<b>2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4. Procedimiento.....</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1 Discusión .....</b>	<b>58</b>
<b>4.2 Conclusiones .....</b>	<b>63</b>
<b>4.3. Recomendaciones .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Resultado del indicador cumplimiento de las necesidades en el monitoreo de pacientes hospitalizados en el año 2021. ....	48
<b>Tabla 2:</b> Resultado del indicador protocolo del monitoreo en el monitoreo de pacientes hospitalizados en el año 2021. ....	51
<b>Tabla 3:</b> Resultado del indicador usabilidad en el monitoreo de pacientes hospitalizados en el año 2021.....	53
<b>Tabla 4:</b> Resultado del indicador exactitud de datos biomédicos en el monitoreo de pacientes hospitalizados en el año 2021. ....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ejemplo de un sistema biomédico. ....	27
<b>Figura 2:</b> Ejemplo de monitoreo de pacientes. ....	28
<b>Figura 3:</b> Referencia de una transmisión inalámbrica. ....	29
<b>Figura 4:</b> Placa Arduino Nano. ....	30
<b>Figura 5:</b> Sensor de Pulsimetría MAX30102. ....	30
<b>Figura 6:</b> Modulo de NRF24L01. ....	31
<b>Figura 7:</b> Baquela de cobre. ....	32
<b>Figura 8:</b> Pantalla OLED. ....	32
<b>Figura 9:</b> Ciclo de vida de sistemas embebidos. ....	34
<b>Figura 10:</b> Descripción del ciclo de vida de sistemas embebidos. ....	36
<b>Figura 11:</b> Tipo de Investigación. ....	38
<b>Figura 12:</b> Técnicas e instrumentos. ....	41
<b>Figura 13:</b> Recolección de datos con los Instrumentos antes del sistema biomédico. ....	44
<b>Figura 14:</b> Recolección de datos con los Instrumentos después de la aplicación del sistema biomédico. ....	46
<b>Figura 15:</b> Análisis estadístico usando la prueba T de student con la herramienta estadística XLSTAT. ....	49
<b>Figura 16:</b> Resultados de XLSTAT en la prueba t para las muestras Pre y Post Test del cumplimiento de necesidades. ....	49
<b>Figura 17:</b> Evaluación de la zona de aceptación o rechazo del cumplimiento de necesidades. ....	50
<b>Figura 18:</b> Análisis estadístico usando la prueba T de student con la herramienta estadística XLSTAT. ....	51

<b>Figura 19:</b> Resultados de XLSTAT en la prueba t para las muestras Pre y Post Test del protocolo del monitoreo. ....	52
<b>Figura 20:</b> Evaluación de la zona de aceptación o rechazo relacionado al protocolo del monitoreo. ....	52
<b>Figura 21:</b> Análisis estadístico usando la prueba T de student con la herramienta estadística XLSTAT .....	54
<b>Figura 22:</b> Resultados de XLSTAT en la prueba t para las muestras Pre y Post Test de Usabilidad. ....	54
<b>Figura 23:</b> Evaluación de la zona de aceptación o rechazo de usabilidad. ....	55
<b>Figura 24:</b> Análisis estadístico usando la prueba T de student con la herramienta estadística XLSTAT .....	56
<b>Figura 25:</b> Resultados de XLSTAT en la prueba t para las muestras Pre y Post Test de exactitud de datos biomédicos.....	57
<b>Figura 26:</b> Evaluación de la zona de aceptación o rechazo del cumplimiento de necesidades. ....	57
<b>Figura 27:</b> Diseño de software.....	89
<b>Figura 28:</b> Arquitectura del sistema embebido.....	89
<b>Figura 29:</b> Diseño de hardware.....	89
<b>Figura 30:</b> Diagrama de conexiones del equipo transmisor. ....	91
<b>Figura 31:</b> Diagrama de conexiones del equipo receptor. ....	91
<b>Figura 32:</b> Diseño de las tarjetas electrónicas. ....	91
<b>Figura 33:</b> Impresión y planchado del diseño.....	92
<b>Figura 34:</b> Desarrollo del algoritmo para la tarjeta de transmisión. ....	92
<b>Figura 35:</b> Desarrollo del algoritmo para la tarjeta de recepción. ....	93

<b>Figura 36:</b> Resultado final de la tarjeta de adquisición y transmisión de datos.....	93
<b>Figura 37:</b> Resultado final de la tarjeta de recepción y visualización de datos .....	94
<b>Figura 38:</b> Integración de software y hardware. ....	94
<b>Figura 39:</b> Visualización de datos. ....	94
<b>Figura 40:</b> Liberación del producto. ....	95
<b>Figura 41:</b> Capacitación al personal médico.....	95
<b>Figura 42:</b> Implementación en serie. Toma de datos del paciente.....	95
<b>Figura 43:</b> Implementación en serie. Envío de datos del paciente mediante el dispositivo transmisor. .....	96
<b>Figura 44:</b> Implementación en serie. Lectura de datos por parte de la enfermera en el Star de Enfermería mediante el dispositivo receptor. ....	96



## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> t de Student para diferencia de muestras pareadas. ....	36
<b>Ecuación 2:</b> Fórmula para el promedio del cumplimiento de necesidades.....	42
<b>Ecuación 3:</b> Fórmula para el promedio del protocolo del monitoreo. ....	43
<b>Ecuación 4:</b> Fórmula para el promedio de usabilidad.....	43
<b>Ecuación 5:</b> Fórmula para el promedio de exactitud de datos biomédicos.....	44

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de un sistema biomédico en el monitoreo de pacientes hospitalizados. El tipo de análisis ha sido preexperimental; con una muestra de 10 enfermeras del área de hospitalización de una clínica de la ciudad de Trujillo. Para la recolección de los datos se aplicó tres cuestionarios y una ficha de observación. Para el análisis de datos, se utilizó la prueba de normalidad Shapiro Wilk y la prueba contrastación de hipótesis t de Student.

Así mismo, se describe los parámetros comprendidos en la monitorización de pacientes que fueron el cumplimiento de necesidades, protocolo de monitoreo, usabilidad y la exactitud de los datos biomédicos. Los resultados demostraron que la implementación del sistema biomédico obtuvo un aumento de 21.1% en el cumplimiento de necesidades, un 18.18% en la efectividad del protocolo de monitoreo, un 25.51% en la usabilidad y por último obtuvimos un aumento del 14.68% en la exactitud de los datos biomédicos, en comparación con el monitoreo clásico.

Por lo anteriormente dicho, se concluyó que el sistema biomédico tuvo una influencia positiva en el monitoreo de pacientes hospitalizados llevado a cabo por los profesionales de la salud de una clínica de la ciudad de Trujillo en el año 2021.

**Palabras Clave:** Sistema biomédico en el monitoreo de pacientes, sensor de pulsioximetría, sistema embebido, Radiofrecuencia, hospitalización.

## ABSTRACT

The present research work aimed to determine the influence of a biomedical system in the monitoring of hospitalized patients. The type of analysis has been pre-experimental; with a sample of 10 nurses from the hospitalization area of a clinic in the city of Trujillo. For data collection, three questionnaires and an observation sheet were applied. For data analysis, the Shapiro Wilk normality test and the Student's t hypothesis test were used.

Likewise, the parameters included in the monitoring of patients are described, which were the fulfillment of needs, monitoring protocol, usability and the accuracy of the biomedical data. The results showed that the implementation of the biomedical system obtained an increase of 21.1% in the fulfillment of needs, an 18.18% in the effectiveness of the monitoring protocol, a 25.51% in the usability and finally we obtained an increase of 14.68% in the accuracy of biomedical data, compared to classical monitoring.

Based on the aforementioned, it was concluded that the biomedical system had a positive influence on the monitoring of hospitalized patients carried out by health professionals at a clinic in the city of Trujillo in 2021.

**Keywords:** Biomedical system in patient monitoring, pulse oximetry sensor, embedded system, Radiofrequency, hospitalization.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad Problemática

En el 2019 la OMS estimó a nivel mundial que 4 de cada 10 pacientes sufre prejuicios mientras recibe el monitoreo hospitalario, asimismo se calculó que hasta el 80% de estos casos son prevenibles, cada año se producen 134 millones de eventos adversos en por una mala supervisión en los hospitales lo que provoca 2,6 millones de muertes. Reconociendo que la seguridad del paciente es una prioridad sanitaria mundial, la Asamblea de la Salud promulgó la Resolución WHA72.6 cuya finalidad es promover la seguridad del paciente aumentando la concienciación e implicación de la opinión pública, mejorando la comprensión mundial al respecto y trabajando a favor de la solidaridad y las acciones mundiales (OMS, 2019).

Todo sistema de salud debe tener en cuenta la complejidad de los entornos de atención sanitaria que hace que el personal médico sea más propenso a cometer errores, muchas veces la supervisión del paciente no pasa por todos los niveles de atención que se requieren haciendo que el proceso no tenga garantías de seguridad poniendo en peligro la vida del paciente. Otro factor que dificulta un monitoreo adecuado son las patologías infecciones ya que plantean un peligro directo para los profesionales sanitarios y los demás internos, se estima 9.2 millones de vidas perdidas por incapacidad y falta de medidas sanitarias (OMS, 2019).

En China se presentaron innumerables problemas en la supervisión médica debido a los masivos contagios entre personas pacientes y profesionales de la salud debido a la pandemia

del coronavirus, las pruebas iniciales y los falsos negativos desencadenaron millones de fallecidos. Debido a esto el gobierno chino comenzó a usar herramientas tecnológicas y polémicas como el rastreo de teléfonos y drones que vigilan a las personas para asegurarse del cumplimiento de la cuarentena, también se colocaron robots monitoreando, repartiendo la comida en los hospitales y cámaras de reconocimiento facial que controlan la temperatura de las personas. (BBC NEWS, 2020)

En España el servicio de monitoreo se ha visto gravemente afectado por el colapso de los hospitales y por el desencadenamiento de otras enfermedades derivadas del COVID 19, el 20% presentó problemas de trastorno mentales y de conciencia. Para esto el ministerio de sanidad promovió plataformas para digitalizar las actividades humanas, entre las referentes al tema tenemos a las consultas médicas a través de videollamadas y el sistema Antari HomeCare que pone a disposición una serie de herramientas Web para gestionar el tratamiento de los pacientes basado en el seguimiento y monitorización continua que se personaliza y actualiza según el paciente. (Fanola, 2020)

En México, el monitoreo de pacientes es objeto de muchas inquietudes debido a que las personas son cada vez más propensas a enfermarse y la densidad de la población es muy elevada comparada el número de profesionales de la salud encargados del monitorear a los pacientes. Sin embargo, la industrialización, cuya presencia es avasalladora hoy en día poco a poco está ganando terreno en los centros de salud, numerosos estados de México han firmado acuerdos con compañías estadounidenses para tener acceso a plataformas de monitoreo y tele monitoreo que permite controlar hasta cinco mil pacientes simultáneamente y de forma remota evitando posibles contagios. (Salud Digital Fundación Carlos Slim, 2020)

En Colombia el servicio de salud mantiene una corrupción generalizada, donde está presente la injusticia e inequidad económica y política, debido a que se considera la prestación de servicios como un negocio especulativo, que debe generar muchos ingresos y ganancias, la mentalidad lucrativa y no preventiva de dirigentes y profesionales de la salud ha desnudado unos de los mayores problemas del país. Como respuesta a esto el gobierno se pronunció con el Decreto 4975 buscando solucionar el problema de la negligencia en la salud de los colombianos y la prestación de servicios médicos, procesando y colocando severas multas a los responsables (Revista Gerencia y Políticas de Salud, 2017).

En el ámbito nacional la supervisión sanitaria está administrada por 5 entidades: MINSA, EsSalud, FFAA, PNP y entes privados, sin embargo, todas las entidades cuentan con una coordinación deficiente y a menudo desempeñan funciones que se superponen, lo que se refleja en el número de fallecidos. Se planteó la aplicación del plan estratégico nacional de RHS para distribuir y retener a los agentes de salud en los sitios más recónditos del país, el plan dispone materiales de referencia, análisis de prácticas y procedimientos para realizar una política de retención a largo plazo, todo financiado e integrado en el plan de salud general (Universidad Cayetano Heredia, 2011).

En La Libertad, el monitoreo de pacientes es completamente ineficiente por la situación de colapso que se encuentran la mayoría de hospitales, esto debido a que se estima que faltan cerca de 2 mil profesionales en salud para realizar una tarea exitosa, además el monitoreo se dificulta porque en los establecimientos de salud carecen de la tecnología y equipos necesarios, aparte la mayoría de estos centros de salud tienen una antigüedad mayor de 50 años lo que significa que disponen de una infraestructura obsoleta. Para dichos problemas de atención el

gobierno regional buscó promover la inversión privada y solicitar presupuestos detallados al gobierno central (Gobierno Regional La Libertad, 2016).

En el ámbito local, con respecto al distrito de Trujillo se presentaron dificultades en la supervisión de los pacientes por un mal manejo de la logística, existe una carencia de medicina cuyo abastecimiento total se estima en 3 meses, además no se lleva la cuenta exacta de fallecidos e internos lo cual dificulta precisar la cantidad de elementos requeridos, así como el dinero a invertir. Ante esta situación, la oficina de la Defensoría del Pueblo en La Libertad exigió a la Dirección General de Operaciones de Salud que respondan a las solicitudes realizados por el Gobierno Regional con la finalidad de garantizar el acceso al derecho a la salud de todas las personas (Defensoría del Pueblo, 2020).

Se han considerado las siguientes investigaciones como antecedentes sobre el sistema biomédico en el monitoreo de pacientes:

Los autores Arandia, De Amesti, Lotissier, Segall y Bertrand (2020), en la investigación “Monitorización cardio respiratoria domiciliaria en lactantes”, tuvieron como objetivo obtener consenso del tipo de monitorización y tiempo requerido para distintas enfermedades en un nosocomio de Chile. Para lograr esto se presentó una revisión sobre el desarrollo de la monitorización cardio-respiratoria en domicilio, resaltando la verdadera utilidad que tendría esta tecnología con una propuesta general. El resultado que se obtuvo fue una nueva propuesta con la definición BRUE de modo de atribuir la categorización de los eventos al médico tratante y no el cuidador u observador. Se llegó a concluir que el concepto de BRUE busca determinar si el evento tiene alto o bajo riesgo de recurrencia y evitar el uso excesivo de intervenciones médicas.

El autor Gámez (2020), en la investigación “Desarrollo de un sistema biomédico para monitoreo local y remoto de signos vitales de pacientes, utilizando tecnología de internet de las cosas IoT”, tuvo como objetivo procesar las señales bioeléctricas del paciente aplicando IoT para evitar enfermedades. Para lograr esto se creó un dispositivo que facilitase el control y supervisión de los estados clínicos de un paciente desde cualquier ubicación. El resultado pudo establecer que el prototipo arroja valores muy cercanos al de un equipo especializado, proporcionando este un grado de confiabilidad del 95%. Por lo que se llegó a concluir que el sistema en general presentó un retardo en el tiempo de estabilización y en las lecturas de sensores.

Los autores León et al. (2020), en la investigación de la “Monitoreo continuo de glucosa: indicaciones, interpretación de datos y toma de decisiones terapéuticas”, tuvieron como objetivo el monitoreo continuo de glucosa (MCG), con sus diferentes tecnologías disponibles, permite conocer no sólo el valor de glucosa en forma instantánea, sino también sus tendencias mediante flechas que ayudan a visualizarlas en la pantalla del lector. Para lograr esto dada la accesibilidad, aceptabilidad y facilidad de uso, los diferentes sistemas de MCG comenzaron a incorporarse como parte del tratamiento de los pacientes con DM en insulino terapia, sin que existan aún indicaciones precisas para su uso y sin un adecuado entrenamiento en la interpretación de los datos proporcionados. El resultado que se obtuvo permitió leer el valor de glucosa intersticial en forma rápida, observar mediante flechas las tendencias de los niveles de glucosa, las desviaciones estándar, las oscilaciones glucémicas y su variabilidad. Por lo que se llegó a concluir que todos estos datos y patrones pueden observarse en diferentes lapsos de tiempo, desde períodos de 8 y 24 h, y de 7, 14, 30 y 90 días



Los autores Campaña, Aguirre, Cabrera y Cervelion (2018), en la investigación de la “Sistema en tiempo real para el monitoreo de variables médicas en pacientes hospitalizadas con redes WSN”, tuvieron como objetivo la aplicación de un sistema en tiempo real para el monitoreo de variables médicas, en pacientes hospitalizados. Para lograr esto se diseñó el sistema de monitoreo con WSN, incluyendo características de los sensores que se deben utilizar y a qué nivel de esta investigación, se proponen como prototipo. El resultado que se obtuvo que las redes WSN asociadas al cuidado de la salud son una tecnología emergente que aún tiene mucho por investigar y desarrollar en pro de nuevas posibilidades. Por lo que se llegó a concluir que permitan un mayor control y seguimiento a enfermedades, como el caso de la preeclampsia.

Los autores Acevedo, Vizarrata, Barra, Zegarra, Vásquez, Hernandez y Rojas (2018), en la investigación de la “Monitoreo prolongado con video-EEG en pacientes hospitalizados: primer reporte de eficacia y seguridad en el Perú.”, tuvieron como objetivo determinar la utilidad diagnóstica del monitoreo con video-EEG en pacientes hospitalizados en la Unidad de Epilepsia. Para lograr esto se realizó un estudio descriptivo que evaluó la eficacia diagnóstica para el monitoreo prolongado. En el resultado que se obtuvo de 55 pacientes; se identificaron zonas epileptógenas, clasificación del síndrome epiléptico y diagnóstico de los eventos paroxismales. Por lo que se llegó a concluir que el monitoreo prolongado con Video-EEG es eficaz en el Seguro Social del Perú; si se realiza en una unidad de monitoreo con estándares internacionales mínimos.

Los autores Figueiredo, Flores, Días, Cruz, Jardim, Borges y Cavalcanti (2020), en la investigación de la “Monitoreo remoto de pacientes con insuficiencia cardíaca crónica en tiempos de distancia social COVID-19 a la luz del modelo de “Primary Nursing”, tuvieron

como objetivo describir el plan de contingencia para la atención de pacientes con insuficiencia cardíaca crónica para trabajar durante la pandemia de COVID -19 en una clínica especializada ubicada en Niterói/RJ/Brasil. Para lograr esto se implementó un sistema web llamado "Sistema Coração Valente" para almacenar datos en MySQL. El resultado describió cronológicamente las acciones utilizadas durante el aislamiento social. Por lo que se llegó a concluir que el plan de contingencia para consultas telefónicas de la clínica fue eficaz en la monitorización remota de pacientes con insuficiencia cardíaca.

Los autores Vaccari, Molina, Iturzaeta, Torres, Martínez, Ackerman, Flores y Damsky (2020), en la investigación de la "Experiencia con monitoreo ambulatorio de presión arterial de 24 horas en seguimiento de pacientes con coartación de aorta en un hospital pediátrico", tuvieron como objetivo describir la prevalencia de HTA por presión arterial (PA) en pacientes coartados. Para lograr esto se realizó un monitoreo de 24 horas a niños entre 4 y 18 años. El resultado fue de 22 normotensos; 8 HTA controlada, 2 preHTA y 1 HTA no medicado. Por lo que se llegó a concluir que la detección a tiempo de cifras elevadas de presión mejora el control de la patología.

Los autores Córdova, Aracena y Corrales (2015), en la investigación "Sistema de monitoreo para pacientes con tratamientos de tendinosis del tendón rotuliano utilizando Kinect", tuvieron como objetivo el desarrollo de un sistema de monitoreo a distancia para pacientes con tratamientos kinesiológicos de tendinosis del tendón rotuliano. Para lograr esto se capturó los movimientos del paciente mediante un dispositivo de captura de profundidad (KINECT™), dicho sistema permite tanto al kinesiólogo como a su paciente trabajar en un tratamiento de recuperación de forma tal que el médico defina un protocolo de ejercicios que el paciente deberá realizar en su casa, asistido con el sistema. El resultado mostró que el

sistema beneficia tanto al especialista kinesiólogo como al paciente, quien ya no requiere asistir de manera frecuente a la consulta.

El autor Reyes (2018), en la investigación “Diseño de sistema de monitoreo de signos vitales de pacientes en emergencias de la CÍA. de bomberos salvadora Trujillo N° 26”, tuvo como objetivo diseñar un sistema de monitoreo con interfaz para interacción médico-paciente, que permita monitorizar signos vitales de pacientes en emergencias atendidas en las condiciones de trabajo de la Cía. De Bomberos Salvadora Trujillo N° 26. Para lograr esto se planteó integrar una placa base con módulos electrónicos para hacer el procesamiento de la información de los signos vitales. El resultado permitió reconocer los valores normales de los signos vitales para un adulto sano promedio. Por lo que se llegó a concluir que la aplicación diseñada para teléfonos móviles ha permitido la interacción médico-paciente mediante la visualización de signos vitales durante emergencias atendidas.

El autor Campazo (2018), en la investigación de la “Sistema de monitoreo, diagnóstico y geolocalización de pacientes de riesgo cardiológico”, tuvo como objetivo reducir un 25% la mortalidad prematura por enfermedades cardiovasculares para el año 2025. Para lograr esto se planteó desarrollar un sistema que integró diferentes tecnologías que no solo se limitan a registrar sin conectividad el funcionamiento cardíaco, como los holters, sino también poder apoyar un sistema de emergencia a través de innovación tecnológica diseñada y desarrollada en el marco de la presente propuesta. Como resultado se consideró una herramienta más de apoyo a estos profesionales para que puedan realizar diagnósticos y tratamientos con un mayor grado de acierto. Por lo que se llegó a concluir que dicho monitoreo puede ser realizado desde las guardias de emergencias de los centros de salud que, al recibir las señales de alerta,

asignaron las ambulancias con los servicios coronarios correspondientes en el menor tiempo posible.

Los autores Marinic et al. (2014), en la investigación “Monitoreo de virus BK en pacientes trasplantados de la Unidad Renal del Hospital Perrando”, tuvieron como objetivo analizar la incidencia de infección activa por BKV y desarrollo de BKVAN en pacientes que cursan sus dos primeros años postrasplante renal de donantes cadavéricos. Para lograr esto se planteó estudiar a 70 receptores renales de la Unidad de Trasplante Renal del Hospital. El resultado sostuvo que la infección activa se presentó entre los 3 y los 24 meses postrasplante, con viremias positivas a partir de los 12 meses. Por lo que se llegó a concluir que la correcta detección y monitoreo de este virus resulta fundamental, ya que una intervención temprana podría evitar dicha patología.

Los autores Salazar, Rojas, Ramirez, Castro y Jung (2011), en la investigación “Monitoreo de las concentraciones plasmáticas de clozapina en pacientes con esquizofrenia”, tuvieron como objetivo determinar niveles plasmáticos de clozapina en pacientes mexicanos. Para lograr esto se determinaron las concentraciones plasmáticas en estado estacionario de clozapina en 36 pacientes, empleando un método por cromatografía de líquidos de alta resolución con detector de luz ultravioleta. El resultado que se obtuvo fue en promedio de  $397 \pm 260$  ng/mL, debido a la gran variabilidad interindividual, no fue posible correlacionar la dosis diaria de clozapina con los niveles plasmáticos. Por lo que se llegó a concluir que el sistema biomédico no cuenta con la tecnología adecuada para cumplir con el objetivo.

Los autores Quiroz, Acosta y Torres (2021), en la investigación “Diseño de un sistema internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de la presión arterial”, tuvieron como objetivo reducir los problemas graves de salud como ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares.

Para lograr esto se planteó la construcción de un prototipo que incorpore una interconectividad de dispositivos y transferencia de datos a la nube que propone el modelo IoT. El resultado que se obtuvo sugirió que el prototipo cuenta con el potencial de brindar una solución al monitoreo de la presión arterial en el hogar. Por lo que se llegó a concluir que el prototipo reduce los desplazamientos de los pacientes a los centros hospitalarios.

Los autores Morales, Azcona y Lazo (2015), en la investigación “Monitoreo del nervio facial durante parotidectomía, experiencia del Hospital Español de México”, tuvieron como objetivo determinar si el monitoreo del nervio facial durante una parotidectomía se asocia con menor riesgo de parálisis facial que cuando no se monitoriza. Para lograr esto se planteó estudio observacional, descriptivo, longitudinal y retrospectivo. Se incluyeron 78 pacientes parotidectomizados de 1994 a 2008. Posteriormente se revisaron los expedientes clínicos y se identificó en quiénes se hizo monitoreo del nervio facial y en quiénes no. El resultado que se obtuvo de los pacientes sometidos a parotidectomía sin monitoreo del nervio facial fue de 2.5% contra 0% de los pacientes que fueron monitoreados. Por lo que se llegó a concluir que los criterios o indicaciones del monitoreo durante una parotidectomía están poco estandarizados.

Los autores Molina, Romero, Lespron y Guillén (2015), en la investigación “Monitoreo de la coagulación sanguínea en el paciente con sangrado crítico”, tuvieron como objetivo dar seguimiento a los pacientes mexicanos que presenten riesgo de sangrado, trastornos de la coagulación y tratamiento de anticoagulación. Para lograr esto se planteó diseñar tres dispositivos para monitorear las propiedades viscoelásticas como tromboelastografía (TEG), tromboelastometría rotacional (ROTEM) y Sonoclot. El resultado presentó un incremento en la tasa de mortalidad conforme incrementa la magnitud de las pérdidas hemáticas, en los pacientes con hemoglobina mínima intraoperatoria. Por lo que se llegó a concluir que, para

hacerle frente de manera efectiva a un sangrado crítico, los dispositivos de desarrollo deben estar bien calibrados y tener una respuesta rápida de aviso.

El autor Rodríguez (2019), en la investigación “Diseño de un prototipo de monitor cardíaco precordial mono canal portátil para evaluación electrocardiográfica básica en forma rápida.”, tuvo como objetivo implementar un monitor cardíaco precordial mono canal portátil que asista al personal médico en diagnósticos rápidos de problemas asociados a la actividad cardíaca. Para lograr esto se discutió acerca de las tecnologías existentes para construir el dispositivo imaginado y las necesidades que presentan los nosocomios de Buenos Aires, Argentina. Como resultado se obtuvo la señal de ECG a través de un amplificador de instrumentación AD620 y se procesó para lograr una amplitud estandarizada. Se llegó a concluir que, probando las etapas del dispositivo por separado, hace más factible la construcción del mismo.

Los autores Aguirre y García (2018), en la investigación “Monitoreo de la Concentración de la Glucosa Plasmática en Pacientes en Cuidados Intensivos usando Mediciones de Glucosa Intersticial”, tuvieron como objetivo mantener la concentración de glucosa en sangre alrededor de 100 mg/ dl en pacientes de Colombia. Para lograr esto se planteó la creación de un páncreas artificial que permita la regulación automática de los niveles de glucosa en la sangre. El resultado que se obtuvo no pudo medir directamente todas las variables internas del modelo matemático. Por lo que se llegó a concluir que algunos valores estimados tienen picos que no son realistas desde el punto de vista fisiológico.

Los autores Navarrete, Brecci, Riveros (2018), en la investigación “Monitoreo hemodinámico con sensor implantable inalámbrico (CardioMEMS) en pacientes con insuficiencia cardíaca”, tuvieron como objetivo monitorear las presiones de la arteria pulmonar

mediante el implante permanente de un sensor de medición en la arteria pulmonar en pacientes del Hospital Central de la Policía Nacional de Bogotá, Colombia. Para lograr esto se planteó un seguimiento basado en parámetros hemodinámicos que permitan optimizar el tratamiento de los pacientes antes de que las manifestaciones clínicas de la descompensación sean evidentes. El resultado que se obtuvo fue una reducción en el número de hospitalizaciones por insuficiencia cardíaca generando un impacto positivo en calidad de vida de los pacientes. Por lo que se llegó a concluir que el dispositivo de monitoreo inalámbrico de presión pulmonar está apto para el uso clínico en Latinoamérica.

Los autores Morales, Camargo, Gaona (2013), en la investigación “Sistema de monitoreo para pacientes de alto riesgo integrando módulos GPS, GSM/GPRS y Zigbee”, tuvieron como objetivo la implementación de un sistema de monitoreo remoto de señales vitales en pacientes de alto riesgo en Colombia. Para lograr esto se planteó configurar el módulo GPS XM0110 para recibir las coordenadas de la posición actual del paciente y guardarlas en memoria para posteriormente transmitirla haciendo uso del modem AirPrime SL6087. El resultado brindó un apoyo diagnóstico a la hora de la captura de señales, así como la posibilidad de realizar una monitorización en cualquier lugar sin necesidad de tener acceso a tomas de corriente ni a un computador. Por lo que se llegó a concluir que la tecnología GSM empleada para la trasmisión de la información es idónea para esta clase de dispositivos gracias a su robustez, ya que la velocidad de transmisión es rápida y de fácil comprensión, garantizando la fiabilidad de la información que llega al personal encargado del monitoreo.

Los autores Yun et al. (2020), en la investigación “Study design of Heart failure Events reduction with Remote Monitoring and eHealth Support (HERMeS)”, tuvieron como objetivo monitorizar de manera no invasiva a pacientes ingresados por insuficiencia cardíaca en el

Hospital Universitari de Bellvitge. Para lograr esto se desarrolló una plataforma basada en soporte eHealth que realizaba la monitorización diaria y remota de los datos biométricos y la notificación de síntomas. El resultado después de un seguimiento de 6 meses arrojó una reducción del 49% en hospitalizaciones. Por lo que se llegó a concluir que la estrategia de monitoreo remoto basada en mHealth reduce significativamente la hospitalización de pacientes vulnerables a sufrir insuficiencia cardiaca.

El autor García (2012), en la investigación “El monitoreo intensivo básico en el seguimiento del paciente crítico”, tuvo como objetivo procesar los datos biomédicos de un seguimiento continuo al paciente crítico aplicando un soporte tecnológico invasivo. Para lograr esto se creó un prototipo con la tecnología adecuada que facilite el control y supervisión de los estados clínicos de un paciente. El resultado pudo establecer que el prototipo arroja valores cercanos al de un equipo hospitalario, proporcionando este un grado de confiabilidad cercana al 90%. Por lo que se llegó a concluir que el sistema propuesto presentó un retardo en el tiempo de estabilización.

El autor Echeverría (2015), en la investigación “Diseño del proceso de monitoreo a distancia y de predicción del riesgo de crisis en pacientes con hospitalización ambulatoria domiciliaria, Hospital Exequiel Gonzales Cortes”, tuvo como objetivo llevar a cabo un sistema preventivo para mejorar la calidad de vida de los pacientes. Para poder hacer esto se discutió sobre la arquitectura de los procesos existentes y los contextos de sistemas de monitoreo remoto para planificar el dispositivo imaginado y las necesidades que muestra el Hospital Exequiel Gonzales Cortes. Como consecuencia se obtuvo la monitorización del paciente por medio de un software inteligente. Se alcanzó a concluir que, demostrando el adecuado uso de esta tecnología es posible detectar posibles anomalías en la salud de los pacientes.



Los autores Bejarano y Manzano (2021), en la investigación “Implementación de un sistema de monitoreo a nivel de prototipo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno para pacientes”, tuvieron como objetivo reducir los problemas de monitorización de los signos vitales en tratamientos domiciliarios. Para lograr esto se planteó la construcción de un prototipo que incorpore transferencia de datos a la nube que propone el modelo IoT. El resultado que se obtuvo sugirió que el prototipo cuenta con el potencial de brindar una solución al monitoreo en el hogar. Por lo que se llegó a concluir que el prototipo reduce los desplazamientos de los pacientes ya que brinda una exactitud cercana a los valores de equipos médicos.

El autor Alarcó (2015), en la investigación “Medida del nivel de saturación de oxígeno en sangre: desarrollo de un pulsioxímetro de bajo coste y comparativa con otros sistemas existentes”, tuvo como objetivo diseñar un sistema de monitoreo de bajo coste, que permita monitorizar signos vitales de pacientes con una exactitud cercana a la de un equipo médico. Para lograr esto se propuso integrar una placa base con módulos electrónicos para hacer el procesamiento de la información de los signos vitales. El resultado permitió reconocer la pequeña variación que hay con los equipos cotidianos y poder implementar el diseño propuesto. Se llegó a concluir que si se puede obtener data biomédica mediante el diseño de un prototipo de bajo coste.

La presente investigación se justifica porque se ofrece como producto un sistema biomédico capaz de monitorear inalámbricamente a pacientes hospitalizados. Con esto, los profesionales de la salud de la localidad, encargados del monitoreo, se verán beneficiados gracias a la reducción del contacto directo con el paciente hospitalizado.

De igual manera, el sistema cuenta con su propia batería recargable, capaz de alimentar a todos los circuitos y sensores que son de bajo costo, pero de alta fiabilidad, a su vez, la de transmisión inalámbrica que enviará los datos en tiempo real, se encuentra en una banda de frecuencia no ionizante. De esta manera el sistema beneficiará a los enfermeros que son los usuarios finales, ya que se ahorrará energía, no se contaminará la red eléctrica, y la radiación emitida por el sistema no será dañina.

Además, esta investigación hace uso de sensores para realizar el monitoreo de pacientes, de tal manera que esta tarea se haga más eficiente. Así como, la utilización de tecnologías inalámbricas para aprovechar el espectro electromagnético. Con esto se verán beneficiados otros investigadores que enfoquen sus estudios en el uso de sensores y transmisión inalámbrica para monitoreo.

Se encontraron las siguientes limitaciones: en el desarrollo del proyecto no fue posible reunirnos con frecuencia por la disponibilidad de horarios y por encontrarnos en ciudades diferentes. Para esto se programaron diversas reuniones cortas por videollamada a lo largo de la semana para avanzar con el diseño. Para un mejor procesamiento de datos y la presentación del proyecto, la mejor opción es utilizar un controlador de alta gama y la profesionalización del diseño de los circuitos impresos, pero debido al alto costo que tiene y el tiempo que demora la importación de la placa no se pudo aplicar en el proyecto. Para esto se implementó un Arduino UNO que es un microcontrolador confiable y el diseño de las placas electrónicas se realizó en una baqueta de cobre.

Conjuntamente, con este trabajo de investigación se recogieron conceptos como:

### **Sistemas biomédicos**

El sistema biomédico se define como un conjunto de tecnologías de la

información y la comunicación (TIC) utilizadas en el campo de la medicina para realizar mejores aportes. (Gámez, 2020). Se pueden utilizar para facilitar la cirugía o con fines de diagnóstico. Están diseñados para resolver problemas de visibilidad y accesibilidad (Chaparro y Vivas, 2016). Los beneficios informados por algunos cirujanos incluyen instrumentos articulados con diversos grados de libertad, óptica holográfica con detección de profundidad, control total de la cámara, filtros de movimiento fino, mejoras ergonómicas y movimientos precisos de la herramienta. (Garibay, Navarrete, Castillo, García y Sánchez, 2018).



**Figura 1:** Ejemplo de un sistema biomédico.

**Fuente:** Tomada de “clínicainternacional.com” por Clínica Internacional, 2017, Sistema biomédico para una mejor atención.

## **Paciente**

El paciente es aquella persona que padece física y corporalmente, especialmente quien se halla bajo atención médica para la mejoría de su salud. (GACETA MÉDICA DE MÉXICO, 2016)

## **Monitoreo**

El monitoreo es un proceso continuo que implica la recolección de datos en múltiples ciclos de trabajo, el monitoreo implica contar, recolectar y llevar registros de un evento específico. La finalidad del monitoreo es determinar si es necesario realizar ajustes al proceso si los resultados obtenidos no son los esperados (Frankel y Gage, 2015).

### **Monitoreo de pacientes**

El monitoreo de pacientes es desarrollado por el personal de salud y tiene como objetivo verificar y monitorear los signos vitales de una persona en tiempo real. Por lo tanto, el sistema debe estar equipado con sensores bioquímicos y fisiológicos de alta fidelidad para el diagnóstico continuo y final del tratamiento del paciente. (Hernández, 2017). El

monitoreo mejora la calidad de la atención al programar la prestación de atención en cualquier lugar, incluso cuando el paciente está en movimiento o

enfocado en avanzar en el tiempo. El uso de dispositivos inalámbricos contribuye al control automatizado de los signos vitales del paciente y al diagnóstico de la enfermedad y

su complejidad. (Campaña, Aguirre, Cabrera y Cervelion, 2019).

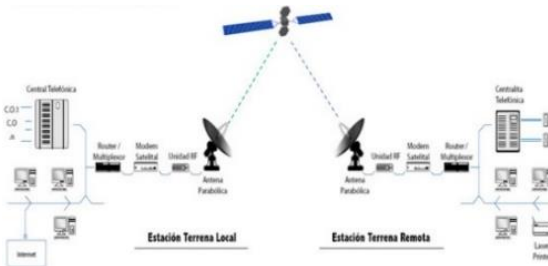


**Figura 2:** Ejemplo de monitoreo de pacientes.

**Fuente:** Tomada de “ecsalud.com” por Ecsalud, 2020, Monitoreo de paciente presencial.

### **Transmisión inalámbrica**

Es un tipo de comunicación donde los datos son enviados y recibidos por medio del espectro electromagnético sin necesidad de conductores eléctricos u ópticos. Técnicamente, la atmósfera de la Tierra otorga la ruta de datos físicos para las transmisiones inalámbricas. (Pérez, 2012)

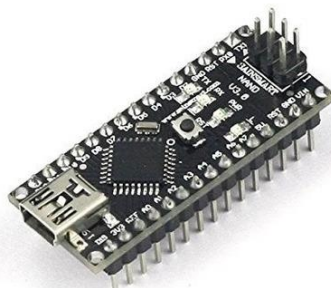


**Figura 3:** Referencia de una transmisión inalámbrica.

**Fuente:** Tomada de “redes.noralemileno.com” por Redes Noralemileno, 2016, Referencia de una transmisión inalámbrica.

### Arduino Nano

El Arduino Nano CH340G es una pequeña y completa placa basada en el microcontrolador ATmega328P de Atmel. Dispone de 16 pines digitales que pueden configurarse como entradas o salidas y dispone de 6 pines analógicos que son solo entrada. Para la programación y conexión a la computadora dispone de un puerto micro USB. Tiene la virtud de utilizar el mismo conector USB utilizado por la mayor parte de Smartphones, por lo cual se tiene la posibilidad de alimentar y comunicar el Arduino Nano utilizando el cable de datos de un teléfono móvil. (Naylamp Mechatronics, 2016)



**Figura 4:** Placa Arduino Nano.

**Fuente:** Tomada de “NaylampMechatronics.com” por Naylamp Mechatronics, 2016, Placas Arduino Nano.

### **Pulsioxímetro MAX30102**

El sensor de pulso MAX30102 es dispositivo que mide las variables de saturación de oxígeno y frecuencia cardiaca. Es compatible con la interfaz de comunicación I2C para facilitar la transmisión de información a Arduino y otros microcontroladores. Para lograr tener lectura del pulso y/o ritmo cardiaco sitúa el dispositivo en los dedos, lóbulo o muñeca. (Naylamp Mechatronics, 2018).



**Figura 5:** Sensor de Pulsimetría MAX30102.

**Fuente:** Tomada de “NaylampMechatronics.com” por Naylamp Mechatronics, 2018, Sensor de Pulsimetría MAX30102

### **NRF24L01**

El NRF24L01 es un diminuto transceptor inalámbrico de bajo consumo y simple de usar, funciona en el rango de los 2.4 GHz. Se puede emplear en cualquier aplicación que ocupe mandar y recibir datos de manera inalámbrica.

El NRF24L01 se alimenta con 3.3V y su control de datos se hace por medio del bus SPI, los pines toleran niveles de 5V de esta forma se puede conectar de manera directa al microcontrolador sin necesidad de un convertidor de nivel. (Naylamp Mechatronics, 2018).



**Figura 6:** Modulo de NRF24L01.

**Fuente:** Tomada de “NaylampMechatronics.com” por Naylamp Mechatronics, 2018, Modulo de NRF24L01

### **Baquelita de cobre**

Una Baquelita Placa Fenólica PCB es una lámina de cobre cubierta con un confinamiento. Las láminas fenólicas tienen la posibilidad de ser perforadas o planas. Se utilizan en el proceso de construcción de placas de circuito impreso. (Hetpro, 2021)

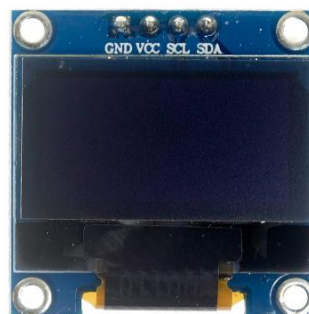


**Figura 7:** Baquela de cobre.

**Fuente:** Tomada de “Cetronic.com” por Cetronic, 2018, Baquela de Cobre.

### Display OLED

La pantalla OLED SSD1306 I2C de 0.96 tiene una resolución de 128 \* 6 píxeles y puede mantener el control de cada píxel individualmente para enseñar letras y gráficos. La pantalla cuenta con una interfaz de comunicación tipo I2C. Para controlar la pantalla OLED, se requiere utilizar un microcontrolador que cuente por lo menos de 1K de RAM. Para un mejor manejo se pueden utilizar librerías incorporadas en el IDE de ARDUINO. (Naylamp Mechatronics, 2021).



**Figura 8:** Pantalla OLED.

**Fuente:** Tomada de “NaylampMechatronics.com” por Naylamp Mechatronics, 2018, Pantalla OLED.

### Metodología de sistemas embebidos



Los sistemas embebidos están diseñados para realizar tareas específicas en tiempo real. Estos sistemas están conformados por dispositivos electrónicos, que son programables. Los sistemas embebidos son controlados por un microcontrolador principal, que este incluye interfaces de entrada y salida en el mismo. En conclusión, los sistemas embebidos deben tener eficacia, excelencia y repuesta rápida.

### Ciclo del proceso de desarrollo de sistemas embebidos.



**Figura 9:** Ciclo de vida de sistemas embebidos.

Fuente: Tomada de “Diagnóstico para la fundamentación de la Maestría en Sistemas Embebidos,” por C. Tellez, 2014, Ciclo del proceso de desarrollo de sistemas embebidos, 1, p. 17.

Macroprocesos	Proceso
I: Administración del ciclo de vida	
	Administración de ciclo de vida
II: Análisis y diseño	
	Especificación de requerimientos del <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema</li> <li>• Software</li> <li>• Hardware</li> </ul> Arquitectura del <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema</li> <li>• Software</li> <li>• Hardware</li> </ul> Diseño de <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto nivel para software y hardware</li> <li>• Detalle</li> </ul>
III: Desarrollo de hardware	
	Diseño de hardware <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelado</li> <li>• Síntesis</li> <li>• Físico</li> </ul> Semiconductores <ul style="list-style-type: none"> <li>• Processor Core (microprocessor, microcontrollers)</li> <li>• System-on-a-Chip processor (SoC)</li> <li>• Field programmable Gate Array (FPGA)</li> <li>• Application-Specific Integrated Circuit (ASIC)</li> <li>• Digital Signal Processor (DSP)</li> </ul> Estándares del Hardware <ul style="list-style-type: none"> <li>• Network Systems (HW)</li> <li>• Electronic Control Unit (ECU)</li> <li>• Buses</li> <li>• Sensores</li> </ul>

IV: Desarrollo de software	
	<p>Estándares del software</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema operativo</li> <li>• Middleware</li> <li>• Firmware</li> </ul> <p>Software de aplicación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelado</li> <li>• Generación de Código</li> <li>• Prototipo</li> <li>• Verificación y Pruebas</li> <li>• Diseño de Reusó</li> </ul>
V: Integración y pruebas	
	<p>Prototipo del sistema embebido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integración de software y hardware</li> <li>• Prueba y Validación</li> <li>• Estabilización y Mantenimiento</li> </ul>
VI: Administración de producto	
	<p>Producto del sistema embebido</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificaciones</li> <li>• Propiedad Intelectual</li> <li>• Liberación del producto</li> <li>• Administración del producto</li> </ul>
VII: Manufactura en serie	
	<p>Producción</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad Técnica del Proveedor</li> <li>• Calidad y Madurez de Procesos</li> <li>• Entrega y Validación</li> <li>• Implementación en serie</li> </ul>
Aplicaciones (usos)	
	<p>Comunicaciones</p> <p>Controles industriales</p> <p>Electrónica automotriz</p> <p>Electro – Domésticos</p> <p>Salud y Medicina</p> <p>Entretenimiento</p> <p>Localización</p> <p>Transporte</p>

**Figura 10:** Descripción del ciclo de vida de sistemas embebidos.

Fuente: Tomada de “Diagnóstico para la fundamentación de la Maestría en Sistemas Embebidos,” por C. Tellez, 2014, Ciclo del proceso de desarrollo de sistemas embebidos, 1, pp. 315-317.

### **Método de contrastación de hipótesis.**

#### **Prueba t de Student**

La prueba "t" de Student es un tipo de estadística deductiva. Se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos. Con toda la estadística deductiva, asumimos que las variables dependientes tienen una distribución normal (Scientific European Federation, 2012).

#### **Distribución de diferencia de muestras pareadas**

$$t = \frac{\bar{d} - \mu}{S_d/\sqrt{n}}$$

**Ecuación 1:** t de Student para diferencia de muestras pareadas.

**Fuente:** Tomada de “universidadnacionaldemexico.com” por Universidad de México, 2018.

$\bar{d}$ = Media de las diferencias pareadas.

$\mu$ = Media poblacional de todas las diferencias pareadas

$S_d$  = Desviación estándar de las diferencias pareadas

$n$  = Tamaño de muestra es el número de muestras pareadas

### **1.2 Formulación del Problema**

¿De qué manera influye un sistema biomédico en el monitoreo de pacientes hospitalizados

llevado a cabo por los profesionales de una clínica de la ciudad de Trujillo en el año 2021?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.1.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de un sistema biomédico en el monitoreo de pacientes hospitalizados llevado a cabo por los profesionales de una clínica de la ciudad de Trujillo en el año 2021.

#### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de un sistema biomédico en el cumplimiento de las necesidades del monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo en el año 2021.
- Determinar la influencia de un sistema biomédico en el protocolo del monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo en el año 2021.
- Determinar la influencia de un sistema biomédico en la usabilidad del monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo en el año 2021.
- Determinar la influencia de un sistema biomédico en la exactitud de datos biomédicos del monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo en el año 2021.

### **1.4 Hipótesis**

Un sistema biomédico influye positivamente en el monitoreo de pacientes hospitalizados llevado a cabo por los profesionales de una clínica de la ciudad de Trujillo en el año 2021.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

**Según el Enfoque:** El enfoque de la investigación es cuantitativo, por esta razón se puede medir la variable dependiente por medio de los indicadores de la matriz de operacionalización, asimismo tiene como finalidad hacer una estrategia de optimización continua, por esto el análisis no pretende hacer cambios para examinar las consecuencias.

**Según el Propósito:** El enfoque según su propósito es aplicada, porque se busca identificar las necesidades y plantear soluciones en base a los inconvenientes reconocidos, por eso la investigación se fundamenta en ejercer el razonamiento adquirido, y obtener otros luego de su utilización en un entorno delimitado.

**Según su alcance:** Explicativa, debido a que se centró en describir la ocurrencia de un fenómeno definido y en qué condiciones se presentó o en qué medida una variable tuvo predominación sobre la otra.

**Diseño:** Se elaboró un diagnóstico inicial de la variable dependiente, con el propósito de implementar la variable independiente. Posteriormente se hizo un nuevo diagnóstico para una contrastación de los valores recolectados en el pre y post test para así verificar la influencia de la variable independiente sobre la variable dependiente.

Por lo tanto, esta investigación tiene el diseño Pre – Experimental porque la manipulación de las variables de estudio en relación con el desarrollo del monitoreo es mínima, a diferencia de una investigación experimental completa que exige el uso de estudio de grupo de control, así como de la evaluación de un grupo experimental.

G O<sub>1</sub> X O<sub>2</sub>

## 2.2. Población y muestra

La población fue de 17 enfermeros quienes trabajan en el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo. Se tuvo como muestra 10 enfermeros, elegidos por su disponibilidad de participación en el proyecto.

## 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### *Recolección de datos*

**Técnica(s):** Para el cumplimiento de necesidades, usabilidad y exactitud de datos biomédicos se usó la técnica de la encuesta. Para el protocolo del monitoreo se usó la técnica de la observación.

**Instrumento(s):** De acuerdo con las técnicas aplicadas, el instrumento utilizado para cumplimiento de necesidades, usabilidad y exactitud de datos biomédicos fue el cuestionario.

Para el protocolo del monitoreo se usó una ficha de observación.

Técnica	Instrumento	Objetivo	Procedimiento
Encuesta	CUESTIONARIO DEL CUMPLIMIENTO DE NECESIDADES PARA EL MONITOREO DE PACIENTES HOSPITALIZADOS EN UNA CLÍNICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO.	Conocer el grado de aceptación para el cumplimiento de necesidades para el monitoreo de pacientes hospitalizados.	1.- Se aplicó el instrumento a los enfermeros disponibles que monitorean el área de hospitalización. 2.- Las opciones disponibles eran Malo, Regular, Bueno y Muy bueno. 3.- Los datos obtenidos se vaciaron a una hoja de cálculo

		de Excel para los análisis estadísticos.
CUESTIONARIO SOBRE LA USABILIDAD PARA EL MONITOREO DE PACIENTES HOSPITALIZADOS EN UNA CLÍNICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO.	Conocer el grado de aceptación para la usabilidad para el monitoreo de pacientes hospitalizados.	<p>1.- Se aplicó el instrumento a los enfermeros disponibles que monitorean el área de hospitalización.</p> <p>2.- Las opciones disponibles eran A veces, nunca, casi siempre y siempre.</p> <p>3.- Los datos obtenidos se vaciaron a una hoja de cálculo de Excel para los análisis estadísticos.</p>
CUESTIONARIO SOBRE LA EXACTITUD DE DATOS BIOMÉDICOS PARA EL MONITOREO DE PACIENTES HOSPITALIZADOS EN UNA CLÍNICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO.	Conocer el grado de aceptación para la exactitud de datos biomédicos para el monitoreo de pacientes hospitalizados.	<p>1.- Se aplicó el instrumento a los enfermeros disponibles que monitorean el área de hospitalización.</p> <p>2.- Las opciones disponibles eran Malo, Regular, Bueno y Muy bueno</p> <p>3.- Los datos obtenidos se vaciaron a una hoja de cálculo</p>



			de Excel para los análisis estadísticos.
Observación	FICHA DE OBSERVACIÓN DEL PROTOCOLO DEL MONITOREO EN UNA CLÍNICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO.	Conocer los riesgos e incomodidades que se presentan durante el monitoreo a los pacientes hospitalizados.	1.- El instrumento fue aplicado por los autores. 2.- La opción disponible fue una escala del 1 al 4. 3.- Los datos obtenidos se vaciaron a una hoja de cálculo de Excel para los análisis estadísticos.

**Figura 12:** Técnicas e instrumentos.

Fuente: Elaboración Propia.

### *Análisis de datos*

Para conocer el tipo de distribución de la muestra se aplicó la prueba de normalidad Shapiro Wilk, como resultado se obtuvo una muestra de distribución normal. Asimismo, se utilizó la herramienta XLSTAT aplicada en la prueba t de Student como método de contrastación debido a tener una muestra menor a 30 unidades.

## **2.4. Procedimiento**

Para elaborar los instrumentos de ficha de observación y cuestionarios, se consideró que los indicadores: cumplimiento de necesidades, protocolo de monitoreo, exactitud de los datos biomédicos y usabilidad podían ser deducidos únicamente con la respuesta a la monitorización

de pacientes por parte del personal a cargo de las pruebas. Por lo que un experto validó nuestros instrumentos.

Para realizar los cuestionarios, se tuvo acceso al área de hospitalización de una clínica de la ciudad de Trujillo donde se pudo contactar a los 10 evaluadores que ejecutarían el proceso de monitoreo mediante el dispositivo fabricado. Los instrumentos fueron tomados en una hoja bond las cuales contaban con preguntas de opción múltiple.

La recolección de datos antes de la implementación del sistema biomédico tuvo una duración de una semana y para ejecutarla se llevaron los siguientes pasos:

1. Se solicitó a los enfermeros responder cada uno de los cuestionarios.
2. Los datos obtenidos se trasladaron a una hoja cálculo de Excel.
3. Los datos fueron procesados por medio de la siguientes formulas.

Para el indicador promedio del cumplimiento de necesidades:

$$CN = \frac{\sum T}{n}$$

**Ecuación 2:** Fórmula para el promedio del cumplimiento de necesidades.

**Fuente:** Elaboración propia.

Donde:

CN= Promedio del cumplimiento de necesidades.

T= Sumatoria total de los valores asignados por cada enfermero.

n= Número de ítems.

El valor obtenido representa el nivel promedio del cumplimiento de necesidades que tiene el monitoreo de pacientes.

Para el indicador promedio de protocolo del monitoreo:

$$PM = \frac{\sum T}{n}$$

**Ecuación 3:** Fórmula para el promedio del protocolo del monitoreo.

**Fuente:** Elaboración propia.

Donde:

PM= Promedio del protocolo del monitoreo.

T= Sumatoria total de los valores asignados por cada enfermero.

n= Número de ítems.

El valor obtenido representa el nivel promedio del protocolo del monitoreo que tiene el monitoreo de pacientes.

Para el indicador promedio de usabilidad:

$$U = \frac{\sum T}{n}$$

**Ecuación 4:** Fórmula para el promedio de usabilidad.

**Fuente:** Elaboración propia.

Donde:

U= Promedio de usabilidad.

T= Sumatoria total de los valores asignados por cada enfermero.

n= Número de ítems.

El valor obtenido representa el nivel promedio de la usabilidad que tiene el monitoreo de pacientes.

Para el indicador promedio de exactitud de datos biomédicos:

$$EDB = \frac{\sum T}{n}$$

**Ecuación 5:** Fórmula para el promedio de exactitud de datos biomédicos.

**Fuente:** Elaboración propia.

Donde:

EDB= Promedio de exactitud de datos biomédicos.

ST= Sumatoria total de los valores asignados por cada enfermero.

n= Número de ítems.

El valor obtenido representa el nivel promedio de exactitud de datos biomédicos que tiene el monitoreo de pacientes.

La figura 13 muestra la media que se obtuvo a la respuesta de cada cuestionario según el indicador antes de la implementación del sistema biomédico.

<b>Enfermero</b>	<b>Cumplimiento de las necesidades</b>	<b>Protocolo del Monitoreo</b>	<b>Usabilidad</b>	<b>Exactitud de datos Biomédicos</b>
<b>Media</b>	2.725	2.75	2.45	2.725

**Figura 13:** Recolección de datos con los Instrumentos antes del sistema biomédico.

**Fuente:** Elaboración Propia.

El sistema biomédico se desarrolló siguiendo la metodología de sistemas embebidos el cual es usado en sistemas que combinan hardware y software. Esta metodología cuenta con siete fases por lo que el sistema se desarrolló siguiendo cada uno de sus procesos.

- **Administración del ciclo de vida:** Se identificó los procedimientos para cada fase de la metodología proyectando el cumplimiento de cada una.
- **Análisis y diseño:** Se analizó las necesidades de la variable dependiente y se planteó el sistema en base a lo requerido. Se realizó el diseño hardware identificando sus componentes y circuitería, así como la lógica de control para el software.
- **Desarrollo de hardware:** El sistema biomédico se basó en la fabricación de dos tarjetas electrónicas, una tarjeta de sensado y transmisión de datos y otra tarjeta de recepción y visualización. En la tarjeta de transmisión se implementó el sensor de pulsioximetría MAX30102, una antena de radiofrecuencia NRF24L01 y el controlador Arduino Nano. Por otro lado, en la tarjeta de recepción se implementó una pantalla OLED de visualización, una antena de radiofrecuencia NRF24L01 y el controlador Arduino Nano.
- **Desarrollo de software:** El software se realizó en la plataforma de Arduino IDE en donde se desarrolló el algoritmo necesario para controlar eficazmente los componentes del hardware.
- **Integración y pruebas:** Se realizó la integración del desarrollo del hardware y software realizando las pruebas de inicio para la calibración y ajustes del sistema garantizando su buen funcionamiento.
- **Administración del producto:** Se realizó la administración y el control permanente al sistema biomédico.

- **Manufactura en serie:** Se desarrollaron capacitaciones para el uso correcto del sistema biomédico a los profesionales de la salud encargados del monitoreo de los pacientes hospitalizados.

La recolección de datos después de usar el sistema biomédico tuvo una duración de una semana y para realizarla se llevaron los siguientes pasos:

1. Se solicitó a los enfermeros responder cada uno de los cuestionarios.
2. Los datos obtenidos se trasladaron a una hoja cálculo de Excel.
3. Los datos fueron procesadas mediante las mismas ecuaciones.

La figura 14 muestra la media que se obtuvo de la respuesta de cada cuestionario según el indicador después de la implementación del sistema biomédico.

	<b>Cumplimiento</b>	<b>Protocolo del</b>	<b>Usabilidad</b>	<b>Exactitud de</b>
<b>Enfermero</b>	<b>de las</b>	<b>Monitoreo</b>		<b>datos</b>
	<b>necesidades</b>			<b>Biomédicos</b>
<b>Media</b>	3.3	3.25	3.075	3.125

**Figura 14:** Recolección de datos con los Instrumentos después de la aplicación del sistema biomédico.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Después de haber obtenido cada valor, se aplicó la prueba estadística t Student a las mediciones que representan el monitoreo de pacientes y sus dimensiones: equipamiento del monitoreo y fidelidad. Para ello se tomaron los datos de preprueba y posprueba de cada medición y se usó las herramientas de estadística y análisis de datos del programa Microsoft Excel.

De la misma manera, en el desarrollo de la presente investigación, fue de suma importancia considerar los criterios éticos mencionados a continuación:

- Los profesionales de la salud de la clínica estuvieron de acuerdo en proporcionar de manera voluntaria la información relacionada con el proceso de monitoreo de pacientes, tanto antes de la implementación del sistema biomédico, como después de haberlo implementado.
- Los profesionales de la salud del área de hospitalización siempre estuvieron informados de que sus datos de carácter personal no serían divulgados en el presente informe. Con esto se garantizó su anonimato.
- Los investigadores fueron participantes activos y muy atentos al proceso de recolección de información, tomando en cuenta las consecuencias éticas de la exposición de las personas de la muestra para este estudio.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

A continuación, se muestran e interpretan los resultados de la aplicación del sistema biomédico en el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo durante el año 2021. Los datos fueron recolectados haciendo uso de cuestionarios y ficha de observación.

#### Análisis del indicador cumplimiento de las necesidades.

Enfermero	Pre - Test	Post - Test	Diferencia (d)	$d_i - \bar{d}$	$(d_i - \bar{d})^2$
Enfermera 1	3	3.5	-0.5	0.08	0.0056
Enfermera 2	3.25	3.5	-0.25	0.33	0.1056
Enfermera 3	3	3.5	-0.5	0.08	0.0056
Enfermera 4	2.5	2.75	-0.25	0.33	0.1056
Enfermera 5	2.25	3	-0.75	-0.18	0.0306
Enfermera 6	2.25	3.25	-1	-0.43	0.1806
Enfermera 7	3	3.5	-0.5	0.08	0.0056
Enfermera 8	2.75	3.25	-0.5	0.08	0.0056
Enfermera 9	2.25	3	-0.75	-0.18	0.0306
Enfermera 10	3	3.75	-0.75	-0.18	0.0306
<b>Media</b>	2.725	3.3	-0.575	<b>Varianza (s)</b>	0.0563

**Tabla 1:** Resultado del indicador cumplimiento de las necesidades en el monitoreo de pacientes hospitalizados en el año 2021.

**Fuente:** Elaboración propia

Para continuar con el análisis se debe tener en cuenta las siguientes hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** El promedio cumplimiento de las necesidades para el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica después de usar el sistema biomédico es igual al promedio cumplimiento de las necesidades para el monitoreo de pacientes hospitalizados antes de usar el sistema biomédico.

**H<sub>a</sub>:** El promedio cumplimiento de las necesidades para el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica después de usar el sistema biomédico es mayor al promedio cumplimiento de las necesidades para el monitoreo de pacientes hospitalizados antes de usar el sistema biomédico.



Para comprobar la hipótesis se hizo uso del software estadístico XLSTAT usando la prueba de t de student.

### Prueba de muestras emparejadas

Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without missing data	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
Pre-Test	10	0	10	2.250	3.250	2.725	0.381
Post-Test	10	0	10	2.750	3.750	3.300	0.307

**Figura 15:** Análisis estadístico usando la prueba T de student con la herramienta estadística XLSTAT

**Fuente:** Elaboración propia

Prueba t para dos muestras relacionadas / Prueba unilateral:

El software considero como intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%: [-inf; -0.438]

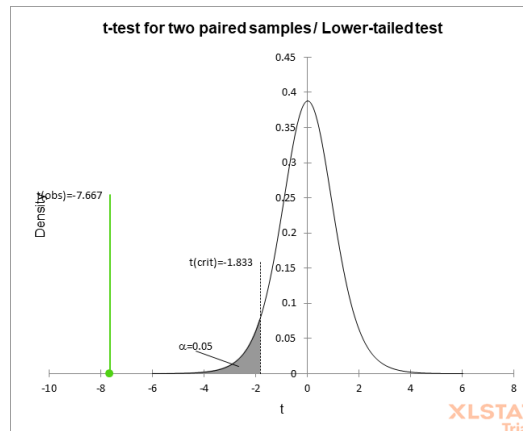
<b>Diferencia</b>	-0.575
<b>t(Valor observado)</b>	-7.667
<b>T (Valor critico)</b>	-1.833
<b>GL</b>	9
<b>Valor-p(unilateral)</b>	<0.0001
<b>Alfa</b>	0.050

**Figura 16:** Resultados de XLSTAT en la prueba t para las muestras Pre y Post Test del cumplimiento de necesidades.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Interpretación del software:

Puesto que el valor  $-p$  computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , y aceptar la hipótesis alternativa  $H_a$



**Figura 17:** Evaluación de la zona de aceptación o rechazo del cumplimiento de necesidades.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Interpretación propia:

Como resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba  $t(\text{obs}) = -7.667$ , que al ser menor que el valor crítico  $t(\text{crit}) = -1.833$ , para 9 grados de libertad y un nivel de significancia de 0.05, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir efectivamente, el sistema biomédico tiene una influencia positiva sobre el cumplimiento de necesidades en el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo.

### Análisis del indicador protocolo del monitoreo.

Enfermero	Pre - Test	Post - Test	Diferencia (d)	$d_i - \bar{d}$	$(d_i - \bar{d})^2$
Enfermero 1	2.75	3.25	-0.5	0.00	0.0000
Enfermero 2	3.25	3.5	-0.25	0.25	0.0625
Enfermero 3	2.75	3	-0.25	0.25	0.0625
Enfermero 4	2.75	3.5	-0.75	-0.25	0.0625
Enfermero 5	2.75	3	-0.25	0.25	0.0625
Enfermero 6	2.25	3.25	-1	-0.50	0.2500
Enfermero 7	2.75	3	-0.25	0.25	0.0625
Enfermero 8	2.75	3.75	-1	-0.50	0.2500
Enfermero 9	3	3	0	0.50	0.2500
Enfermero 10	2.5	3.25	-0.75	-0.25	0.0625
Media	2.75	3.25	-0.5	Varianza (s)	0.1250

**Tabla 2:** Resultado del indicador protocolo del monitoreo en el monitoreo de pacientes hospitalizados en el año 2021.

**Fuente:** Elaboración propia

Para continuar con el análisis se debe tener en cuenta las siguientes hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** El promedio protocolo del monitoreo para el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica después de usar el sistema biomédico es igual al promedio protocolo del monitoreo para el monitoreo de pacientes hospitalizados antes de usar el sistema biomédico.

**H<sub>a</sub>:** El promedio protocolo del monitoreo para el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica después de usar el sistema biomédico es mayor al promedio protocolo del monitoreo para el monitoreo de pacientes hospitalizados antes de usar el sistema biomédico.

Para comprobar la hipótesis se hizo uso del software estadístico XLSTAT usando la prueba de t de student.

#### Prueba de muestras emparejadas

Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without missing data	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
Pre-Test	10	0	10	2.250	3.250	2.750	0.264
Post-Test	10	0	10	3.000	3.750	3.250	0.264

**Figura 18:** Análisis estadístico usando la prueba T de student con la herramienta estadística XLSTAT.

**Fuente:** Elaboración propia

Prueba t para dos muestras relacionadas / Prueba unilateral:

El software considero como intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%: [-inf; -0.295]

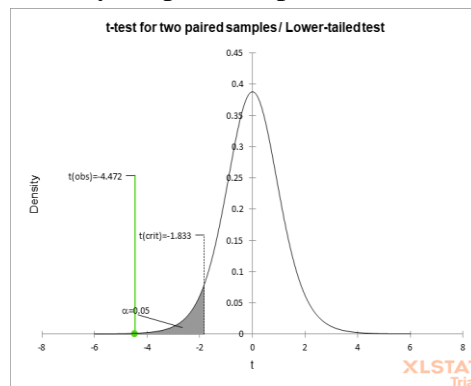
<b>Diferencia</b>	-0.500
<b>t(Valor observado)</b>	-4.472
<b>T (Valor critico)</b>	-1.833
<b>GL</b>	9
<b>Valor-p(unilateral)</b>	0.001
<b>Alfa</b>	0.050

**Figura 19:** Resultados de XLSTAT en la prueba t para las muestras Pre y Post Test del protocolo del monitoreo.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Interpretación del software:

- Puesto que el valor  $-p$  computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , y aceptar la hipótesis alternativa  $H_a$



**Figura 20:** Evaluación de la zona de aceptación o rechazo relacionado al protocolo del monitoreo.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Interpretación propia:

Como resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba  $t(\text{obs}) = -4.472$ , que al ser menor que el valor crítico  $t(\text{crit}) = -1.833$ , para 9 grados de libertad y un nivel de significancia de 0.05, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir efectivamente, el sistema biomédico tiene una influencia positiva sobre el protocolo del monitoreo en el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo.

### Análisis del indicador usabilidad.

Enfermero	Pre - Test	Post - Test	Diferencia (d)	$d_i - \bar{d}$	$(d_i - \bar{d})^2$
Enfermera 1	3	3.25	-0.25	0.3750	0.1406
Enfermera 2	2.5	3.25	-0.75	-0.1250	0.0156
Enfermera 3	2.75	3	-0.25	0.3750	0.1406
Enfermera 4	2	3	-1	-0.3750	0.1406
Enfermera 5	3	3.5	-0.5	0.1250	0.0156
Enfermera 6	1.75	2.75	-1	-0.3750	0.1406
Enfermera 7	2	2.75	-0.75	-0.1250	0.0156
Enfermera 8	2.75	3	-0.25	0.3750	0.1406
Enfermera 9	2.25	3	-0.75	-0.1250	0.0156
Enfermera 10	2.5	3.25	-0.75	-0.1250	0.0156
<b>Media</b>	2.45	3.075	-0.625	<b>Varianza (s)</b>	0.0868

**Tabla 3:** Resultado del indicador usabilidad en el monitoreo de pacientes hospitalizados en el año 2021.

**Fuente:** Elaboración propia

Para continuar con el análisis se debe tener en cuenta las siguientes hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** El promedio usabilidad para el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica después de usar el sistema biomédico es igual al promedio usabilidad para el monitoreo de pacientes hospitalizados antes de usar el sistema biomédico.

**H<sub>a</sub>:** El promedio usabilidad para el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica después de usar el sistema biomédico es mayor al promedio usabilidad para el monitoreo de pacientes hospitalizados antes de usar el sistema biomédico.

Para comprobar la hipótesis se hizo uso del software estadístico XLSTAT usando la prueba de t de student.

### Prueba de muestras emparejadas

Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without missing data	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
Pre-Test	10	0	10	1.750	3.000	2.450	0.438
Post-Test	10	0	10	2.750	3.500	3.075	0.237

**Figura 21:** Análisis estadístico usando la prueba T de student con la herramienta estadística XLSTAT

**Fuente:** Elaboración propia

Prueba t para dos muestras relacionadas / Prueba unilateral:

El software considero como intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%: [-inf; -0.454]

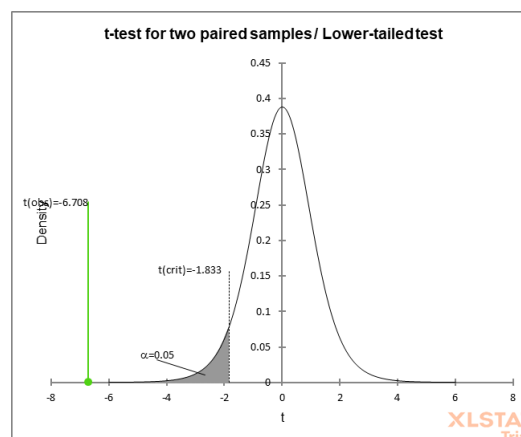
<b>Diferencia</b>	-0.625
<b>t(Valor observado)</b>	-6.708
<b>T (Valor critico)</b>	-1.833
<b>GL</b>	9
<b>Valor-p(unilateral)</b>	<0.0001
<b>Alfa</b>	0.050

**Figura 22:** Resultados de XLSTAT en la prueba t para las muestras Pre y Post Test de Usabilidad.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Interpretación del software:

- Puesto que el valor  $-p$  computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , y aceptar la hipótesis alternativa  $H_a$



**Figura 23:** Evaluación de la zona de aceptación o rechazo de usabilidad.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Interpretación propia:

Como resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba  $t(\text{obs}) = -6.708$ , que al ser menor que el valor crítico  $t(\text{crit}) = -1.833$ , para 9 grados de libertad y un nivel de significancia de 0.05, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir efectivamente, el sistema biomédico tiene una influencia positiva sobre la usabilidad en el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo.

#### Análisis del indicador exactitud de datos biomédicos.

Enfermero	Pre - Test	Post - Test	Diferencia (d)	$d_i - \bar{d}$	$(d_i - \bar{d})^2$
Enfermera 1	3	3.25	-0.25	0.15	0.0225
Enfermera 2	3.25	3.5	-0.25	0.15	0.0225
Enfermera 3	3	3.25	-0.25	0.15	0.0225
Enfermera 4	2.5	3	-0.5	-0.10	0.0100
Enfermera 5	2.25	3	-0.75	-0.35	0.1225
Enfermera 6	3	3.25	-0.25	0.15	0.0225
Enfermera 7	2.75	3	-0.25	0.15	0.0225
Enfermera 8	2.75	3.25	-0.5	-0.10	0.0100
Enfermera 9	2.5	3	-0.5	-0.10	0.0100
Enfermera 10	2.25	2.75	-0.5	-0.10	0.0100
<b>Media</b>	2.725	3.125	-0.4	<b>Varianza (s)</b>	0.0306

**Tabla 4:** Resultado del indicador exactitud de datos biomédicos en el monitoreo de pacientes hospitalizados en el año 2021.

**Fuente:** Elaboración propia

Para continuar con el análisis se debe tener en cuenta las siguientes hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** El promedio exactitud de datos biomédicos para el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica después de usar el sistema biomédico es igual al promedio exactitud de datos biomédicos para el monitoreo de pacientes hospitalizados antes de usar el sistema biomédico.

**H<sub>a</sub>:** El promedio exactitud de datos biomédicos para el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica después de usar el sistema biomédico es mayor al promedio exactitud de datos biomédicos para el monitoreo de pacientes hospitalizados antes de usar el sistema biomédico.

Para comprobar la hipótesis se hizo uso del software estadístico XLSTAT usando la prueba de t de student.

### Prueba de muestras emparejadas

Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without missing data	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
Pre-Test	10	0	10	2.250	3.250	2.725	0.343
Post-Test	10	0	10	2.750	3.500	3.125	0.212

**Figura 24:** Análisis estadístico usando la prueba T de student con la herramienta estadística XLSTAT

**Fuente:** Elaboración propia

Prueba t para dos muestras relacionadas / Prueba unilateral:

El software considero como intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%: [-inf; -0.299]

<b>Diferencia</b>	-0.400
<b>t(Valor observado)</b>	-7.236
<b>T (Valor critico)</b>	-1.833
<b>GL</b>	9
<b>Valor-p(unilateral)</b>	<0.0001
<b>Alfa</b>	0.050

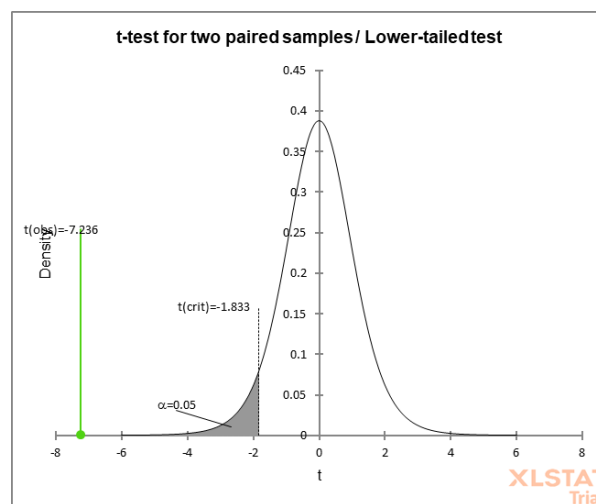


**Figura 25:** Resultados de XLSTAT en la prueba t para las muestras Pre y Post Test de exactitud de datos biomédicos.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Interpretación del software:

Puesto que el valor  $-p$  computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , y aceptar la hipótesis alternativa  $H_a$



**Figura 26:** Evaluación de la zona de aceptación o rechazo del cumplimiento de necesidades.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Interpretación propia:

Como resultado del análisis, se obtuvo el valor estadístico de prueba  $t(\text{obs}) = -7.236$ , que al ser menor que el valor crítico  $t(\text{crit}) = -1.833$ , para 9 grados de libertad y un nivel de significancia de 0.05, se encuentra en el rango de rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, permite aceptar la hipótesis alterna y se puede concluir efectivamente, el sistema biomédico tiene una influencia positiva sobre la usabilidad en el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

En la tabla 1, se observa la media de los datos obtenidos del indicador de cumplimiento de necesidades antes y después de la implementación del sistema biomédico en el monitoreo de pacientes hospitalizados los cuales resultaron con 2.725 y 3.3 correspondientemente, logrando un resultado positivo para nuestra implementación del 21.1 %. Con eso se logró un cumplimiento de necesidades de un 82.5 %. Los autores Navarrete, Brecci, Riveros (2018), en la investigación “Monitoreo hemodinámico con sensor implantable inalámbrico (CardioMEMS) en pacientes con insuficiencia cardíaca”, mencionan que los estudios pivótales presentan tecnologías que se traducen en un beneficio clínico para los pacientes, al minimizar descompensaciones y mejorar calidad de vida. En esta investigación no se elaboró un pretest ni post test para demostrar el indicador antes mencionado, logran demostrarlo por medio de la reducción de la hospitalización de 3 pacientes por insuficiencia cardíaca. Deducimos que la aplicación de esta investigación logró un porcentaje entre el 95% de cumplimiento de necesidades. Los autores Acevedo, Vizarrata, Barra, Zegarra, Vásquez, Hernández y Rojas (2018), en su investigación “Monitoreo prolongado con video-EEG en pacientes hospitalizados: primer reporte de eficacia y seguridad en el Perú”, presentan eficacia en este indicador porque lo aplican desde el punto de vista de monitoreo para diagnóstico de un evento paroxismal utilizando un video EEG logrando así una media de respuesta de 17 diagnósticos precisos sobre 3 diagnósticos imprecisos, no se puede establecer el porcentaje de cumplimiento de necesidades ya que no ejecuta un pretest para el mismo, pero deducimos que tiene un 85% de cumplimiento de necesidades.

En los resultados antes mencionados se puede observar que existen diferencias entre la investigación y sus antecedentes. En nuestro caso, el indicador de cumplimiento de

necesidades se midió con los parámetros de calificación del monitoreo, procedimiento, seguridad y el avance de mejora, es por lo que nos resultó un 82.5 %. Por el lado de la referencia, se obtuvo un cumplimiento de 95%, ya que este trabajó con un número reducido de pacientes y con un solo parámetro que fue el de avance de mejora. En el otro antecedente, se obtuvo un 85% en cumplimiento de necesidades, porque este solo trabajó con el parámetro de procedimiento para hacer el diagnóstico. Con eso concluimos que tuvimos el porcentaje de resultados menor ya que nosotros medimos con cuatro criterios en cambio los antecedentes trabajaron solo con un criterio.

En la tabla 2, se contempla la media de los datos obtenidos del indicador protocolo de monitoreo antes y después de la implementación del sistema biomédico, los resultados fueron 2.75 y 3.25 respectivamente, logrando un resultado positivo para nuestra implementación de 18.18 %. Con eso logramos un protocolo de monitoreo de 81.25%. Los autores Navarrete, Brecci, Riveros (2018), en la investigación “Monitoreo hemodinámico con sensor implantable inalámbrico (CardioMEMS) en pacientes con insuficiencia cardíaca”, menciona que el seguimiento con base en límites hemodinámicos posibilita optimizar el procedimiento de los pacientes anterior a que las manifestaciones clínicas de la descompensación sean evidentes. En esa investigación se elaboró un protocolo detallado de los procesos de los que iban a seguir mediante el monitoreo de los 3 pacientes con los que se trabajó, con eso se logró un alcance del 100% de efectividad del protocolo. Los autores García, Vega y Borges (2012), en la investigación “El monitoreo intensivo básico en el seguimiento del paciente crítico”, recalcan que realizaron el protocolo de monitoreo midiendo distintos bio parámetros como son la frecuencia cardíaca y respiratoria entre otros. Con esto que los procedimientos eran los adecuados ya que se encontraban en los rangos normales, y con eso se demuestra que las

técnicas de monitoreo no invasivo son beneficiosas para los cuidados de pacientes críticos. No se pudo realizar la medición del indicador ya que solo demostraron que era beneficioso por la mejoría de los pacientes. Se pudo demostrar un 94% de mejoría en el paciente con un monitoreo riguroso.

Los resultados antes mencionados del segundo indicador nos dan a entender que hemos logrado un resultado positivo en nuestra aplicación, ya que lo medimos con cuatro parámetros. De los cuales son la seguridad para evitar el contagio, comodidad en el área de trabajo, procesamiento de los datos biomédicos y rapidez ante una emergencia. En cambio, los antecedentes antes presentados nos muestran que lo miden con solo un parámetro que es la recuperación de pacientes. Es por eso por lo que ellos muestran un porcentaje mayor en la obtención de sus resultados.

En la tabla 3, se contempla la media de los datos obtenidos del indicador de usabilidad antes y después de la implementación del sistema biomédico los cuales resultaron 2.45 y 3.075 respectivamente, logrando un resultado positivo para nuestra implementación de 25.51 %. Con eso logramos una usabilidad de 76.875%. Los autores Morales, Camargo, Gaona (2013), en la investigación “Sistema de monitoreo para pacientes de alto riesgo integrando módulos GPS, GSM/GPRS y Zigbee”, mencionan en su investigación “La posibilidad de transmitir señales ECG y PPG de manera inalámbrica (mediante el protocolo XBee que trabaja a 2,4 GHz) en tiempo real hace que el equipo pueda emplearse para la toma de datos en múltiples estudios”, no se elaboró un testeó de las variables para medir la usabilidad, pero se deduce que con la implementación de este prototipo se llega a obtener un porcentaje que bordea el 95% ya que se puede hacer la monitorización desde cualquier lugar donde se encuentre el personal de la salud, esto se debe a la tecnología que se usa para la transmisión eficaz de los datos

biomédicos. El autor Echeverría (2015), en la investigación “Diseño del proceso de monitoreo a distancia y de predicción del riesgo de crisis en pacientes con hospitalización ambulatoria domiciliaria, Hospital Exequiel González Cortés”, presentaron una media de 6.2 en escala de 1 a 7, logrando así un 88.57% del indicador de usabilidad.

Los resultados mencionados para el indicador de usabilidad también presentan una mejora respecto al monitoreo cotidiano, logrando una tasa de aumento a 76.875% esto se logró gracias a que usamos cuatro parámetros para el análisis, comparando con el anterior antecedente este presenta un porcentaje mayor ya que solo se midió respecto al parámetro de la tecnología (sensores y antenas). El segundo antecedente de este indicador nos muestra que obtuvo un porcentaje de 88.57%, esto se debe a que midieron con el parámetro de seguridad y confianza. Con eso concluimos que este indicador se mide con poca aceptación por que algunos pacientes no desean usar aparatos electrónicos de medición por temor a un corto circuito y/o a ser perjudicados al momento de su mejoría.

En la tabla 4, se contempla la media de los datos obtenidos del indicador de exactitud de datos biomédicos antes y después de la implementación del sistema biomédico los cuales resultaron 2.725 y 3.125 respectivamente, logrando un resultado positivo para nuestra implementación de 14.68 %. Con eso se logró una exactitud de datos de 78.125%. Los autores Bejarano, Manzano (2021), en su investigación “Implementación de un Sistema de Monitoreo a nivel de prototipo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno para pacientes”, miden este indicador comparando la medición de un oxímetro comercial contra el oxímetro propuesto, esto resultó con una media del pulso de 64.917 y 65.083 respectivamente y con una media de saturación de oxígeno de 97.917 y 98.167 respectivamente, con esto deducimos que hay un promedio de varianza de 0.208 equivalente a 0.26 %. Con eso logro un 99.74%

para este indicador. El autor Alarcó (2015), en su investigación “Medida del nivel de saturación de oxígeno en sangre: desarrollo de un pulsioxímetro de bajo coste y comparativa con otros sistemas existentes”, mencionan que el prototipo tiene un margen de error promedio de  $\pm 4$ , no establece un testeo en la investigación de este indicador, pero lo demuestra comparando a otros oxímetros comerciales obteniendo una reducción de la exactitud, así como también el costo de elaboración.

Para el indicador de exactitud de datos se obtuvo un porcentaje de 78.125%, esto se debe a que el sensor que utilizamos es un poco inestable al momento de detectar corrientes parasitas, por lo que existían momentos en que se leían datos erróneos. En comparación con los datos obtenidos con los antecedentes anteriores, en el primer antecedente se utilizó el mismo sensor, pero el autor diseñó un filtro para así eliminar o reducir estas corrientes parasitas que perjudican la lectura de datos. El otro antecedente este empleó un sensor que ya tiene integrado un filtro de ruido. Con estas comparaciones dejan ver que los sensores de medición deben tener un filtro adecuado para su mejor eficacia.

## 4.2 Conclusiones

Al finalizar el presente trabajo de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se logró demostrar que el sistema biomédico influye positivamente en el monitoreo de pacientes hospitalizados llevado a cabo por los profesionales de una clínica de la ciudad de Trujillo en el año 2021.
- Se logró demostrar la predominación positiva con el uso de nuestro sistema biomédico en el cumplimiento de necesidades, aumentando en un 21.10% la apreciación del enfermero.
- Se logró demostrar la predominación positiva con el uso de nuestro sistema biomédico en el protocolo del monitoreo, aumentando en un 18.18% la apreciación del enfermero.
- Se logró demostrar la predominación positiva con el uso de nuestro sistema biomédico en la usabilidad, aumentando en un 25.51% la apreciación del enfermero.
- Se logró demostrar la predominación positiva con el uso de nuestro sistema biomédico en la exactitud de datos biomédicos, aumentando en un 14.68% la apreciación del enfermero.

### 4.3. Recomendaciones

Se recomienda que el sistema biomédico integre otras variables de medición para incrementar la usabilidad del monitoreo.

Se recomienda que el sistema biomédico integre más prototipos emisores para mejorar el cumplimiento de necesidades del monitoreo.

Se recomienda que el sistema biomédico disponga de una conexión a través de internet con la base de datos de la clínica para que el mismo sistema guarde la información en la historia clínica de cada paciente.



Addinsoft (s.f.) La solución líder en análisis de datos y estadística para microsoft excel. Recuperado de <https://www.xlstat.com/es/>

Aguirre-Zapata, E., & García-Tirado, J. F. (2016). Monitoring plasma glucose concentration from interstitial glucose measurements for patients at the intensive care unit. *Revista de Ingenierías USBmed*, 7(2), 7–13. <https://doi.org/10.21500/20275846.2617>

Alarcó Péres, Jorge (2015). Medida del nivel de saturación de oxígeno en sangre: desarrollo de un pulsioxímetro de bajo coste y comparativa con otros sistemas existentes.

Alcalde-Rabanal, Jacqueline Elizabeth, Lazo-González, Oswaldo, & Nigenda, Gustavo. (2011). Sistema de salud de Perú. *Salud Pública de México*, 53(Supl. 2), s243-s254. Recuperado en 10 de julio de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342011000800019&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011000800019&lng=es&tlng=es).

Arandia, V., De Amesti, F., Lotissier, C., Segall, D., & Bertrand, P. (2020). MONITORIZACIÓN CARDIO RESPIRATORIA DOMICILIARIA EN LACTANTES. *Neumología Pediátrica*, 15(1), 251–256. <https://doi.org/10.51451/np.v15i1.55>

Awad Hernández, F. (2016). Desafíos de la capa física para el monitoreo y control remoto de pacientes. Santiago de Chile, Chile.

Barreto-Acevedo, Elliot, Hernández-Vizarreta, José, Barreto-Barra, Leila,

Becerra-Zegarra, Alicia, Díaz-Vásquez, Alberto, Hernández-Vizarreta, José, & Llaja-Rojas, Victoria. (2018). Monitoreo prolongado con video-EEG en pacientes hospitalizados: primer reporte de eficacia y seguridad en el Perú. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, 81(2), 65-72. <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.20453/rnp.v81i2.3332>

BBC NEWS (2020) Coronavirus en China: cómo funciona el sofisticado y polémico sistema de vigilancia para controlar la pandemia. Recuperado en <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52361034?fbclid=IwAR3TK0Yaaq3WPepXdWGrxhRJHzF2kHY2n2qUiQMnwLTB85BCooDrobheQzY>

Bejarano, Mauricio; Manzano, Edgar (2021). Implementación de un Sistema de Monitoreo a nivel de prototipo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno para pacientes.

Campaña Bastidas,S; Aguirre Cabrera, A; Cabrera Mez, A y Cervelion, A. (2019). Sistema en tiempo real para el monitoreo de variables médicas en pacientes hospitalizadas con redes WSN.

Campaña, S. E. et al. (). Sistema en tiempo real para el monitoreo de variables médicas en pacientes hospitalizadas con redes WSN. [info:eu-repo/semantics/article, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/29665>.

Campazzo, E. N. (2018). Sistema de Monitoreo, Diagnóstico y Geolocalización de Pacientes de Riesgo Cardiológico. *Revista de Sistemas*, 15 (2), 1-4.

Castellano, N; Gázquez Parra, J; López Rodríguez, J y Manzano-Agugliaro, F (2012). Sistema de telemetría para la transmisión de datos desde ambulancia. *Dyna*, 79(175),43-51.

Cetronic (s.f). Baquela de cobre [Fotografía]. Obtenida Cetronic: [www.Cetronic.com](http://www.Cetronic.com)

Clínica Internacional (2017). Sistemas Biomédicos [fotografía]. Obtenida de Clínica Internacional: [www.clinicainternacional.com.pe](http://www.clinicainternacional.com.pe)

Córdova-Guarachi, Jonathan, Aracena-Pizarro, Diego, & Corrales-Muñoz, Jorge. (2016). Sistema de monitoreo para pacientes con tratamientos de tendinosis del tendón rotuliano utilizando Kinect. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24(2), 249-262. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000200008>

Cornejo, J; Cornejo-Aguilar, J y Perales-Villarroel, J. (2019). Innovaciones internacionales en robótica médica para mejorar el manejo del paciente en Perú. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 19(4), 105-113

Defensoría del Pueblo (2020) Defensoría del Pueblo: crisis del sector salud en Trujillo pone en riesgo la vida de los pacientes COVID-19. Recuperado en <https://www.gob.pe/institucion/defensoria-del-pueblo/noticias/286822-defensoria-del-pueblo-crisis-del-sector-salud-en-trujillo-pone-en-riesgo-la-vida-de-los-pacientes-covid-19?fbclid=IwAR1hYxYeM2-KDe3rcPabpV-61OnulBRkrI3vL2Ks0mRi8v6SwtI33y7Mcuc>

Diaz, L. (2011). La observación. Facultad de Psicología, UNAM. <http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones>.

Echeverría, Matías (2015). Diseño del proceso de monitoreo a distancia y de predicción del Riesgo de crisis en pacientes con hospitalización ambulatoria Domiciliaria, Hospital Exequiel González Cortés.

Ecsalud (2020). Monitoreo de paciente presencial [fotografía]. Obtenida de Ecsalud: [www.ecsalud.com.pe](http://www.ecsalud.com.pe)

Fanola (2020) Plataforma de Monitoreo de Pacientes en Línea a domicilio, aplicado a casos de Pandemia. Recuperado en <http://www.wilfredofanola.com/plataforma-de-monitoreo-de-pacientes-en-linea-a-domicilio-aplicado-a-casos-de-pandemia-2/?fbclid=IwAR0FiS4jNzw4qpFf4IS-QwsdrqpNvU-Vjo7AoKASRVchlwW6pb41cPAKfwg>

Fernanda Suárez-Rozo, L., Puerto-García, S., Rodríguez-Moreno, L. M., & Ramírez-Moreno, J. (2017). La crisis del sistema de salud colombiano: una aproximación desde la legitimidad y la regulación. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 16(32), 34+. <https://link.gale.com/apps/doc/A536243972/IFME?u=anon~b05c6fd1&sid=googleScholar&xid=5ede27d5>

Fernández-Ordóñez, J; Jiménez Maza, L; Torres-Carrión, P; Barba-Guamán, L y Rodríguez-Morales, Ge. (2019). Experiencia Afectiva Usuario en ambientes con Inteligencia Artificial, Sensores Biométricos y/o Recursos Digitales Accesibles: Una Revisión Sistemática de Literatura. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (35), 35-53.

Figueiredo, L; Flores, P; Dias, B; Cruz, D; Jardim, P; Borges, A y Cavalcanti,

A. (2020). Remote monitoring of patients with chronic heart failure in times of social distance - COVID-19 in the light of the “Primary Nursing” model. *Research, Society and Development*. 9(7):1-17.

Gámez López, M. de J. (2020). Desarrollo de un sistema biomédico para monitoreo local y remoto de signos vitales de pacientes, utilizando tecnología de Internet de las Cosas IoT.

García, R ; Vega, D (2012).El monitoreo intensivo básico en el seguimiento del paciente crítico. *Revista Ciencias Médicas La Habana*, pp. 2-6.

Gobierno Regional de La Libertad (2016) Sector Salud es prioridad actual en la región La Libertad. Recuperado en [https://www.regionlalibertad.gob.pe/noticias/nacionales/6397-sector-salud-es-prioridad-actual-en-la-region-la-libertad?fbclid=IwAR3edB56MjvgPB\\_RaRD9hc0jO78RGZzMsSJih0N64aoRSJkzz1qB90aVY8Q](https://www.regionlalibertad.gob.pe/noticias/nacionales/6397-sector-salud-es-prioridad-actual-en-la-region-la-libertad?fbclid=IwAR3edB56MjvgPB_RaRD9hc0jO78RGZzMsSJih0N64aoRSJkzz1qB90aVY8Q)

Litwak, León E, Querzoli, Ivanna, Musso, Carla, Dain, Alejandro, Houssay, Solange, & Costa Gil, José E. (2019). Monitoreo continuo de glucosa: Utilidad e indicaciones. *Medicina (Buenos Aires)*, 79(1), 44-52. Recuperado en 10 de julio de 2021, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0025-76802019000100007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802019000100007&lng=es&tlng=es).

López, P., y Fachelli, S. (2015). Metodología de la Investigación Social Cuantitativa. Editorial Creative Commons. [https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163564/metinvsocua\\_a2016\\_cap1-](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163564/metinvsocua_a2016_cap1-)

2.pdf

Marinic, Karina, Sinchi, Jessica, Gómez, Mónica, Díaz, Rafael, Grillo, Silvina, & Habegger-de Sorrentino, Alicia. (2014). Monitoreo de virus BK en pacientes trasplantados de la Unidad Renal del Hospital Perrando, Chaco, Argentina. *Nefrología (Madrid)*, 34(6), 799-800. <https://dx.doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2014Jul.12657>

Molina-Méndez FJ, Romero-Sierra G, Lespron-Robles MC et al. Monitoreo de la coagulación sanguínea en el paciente con sangrado crítico. *Rev Mex Anest.* 2015;38(Suppl: 1):96-103.

Morales Olguer, Camargo López, J. R., & Gaona García, E. E. (2015). Sistema de monitoreo para pacientes de alto riesgo integrando módulos GPS, GSM/GPRS y Zigbee. *Revista Tecnura*, 19, 97-111. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.SE1.a08

Morales-Cadena GM, Azcona-Martínez DE, LazoJiménez P. Monitoreo del nervio facial durante parotidectomía, experiencia del Hospital Español de México. *An Orl Mex* 2015; 60:11-17.

Morales-Cadena, Mauricio & Azcona-Martínez, Daniel & Lazo-Jiménez, Pamela. (2015). Monitoreo del nervio facial durante parotidectomía, experiencia del Hospital Español de México Monitoring of the facial nerve during parotidectomy, experience at Hospital Español de Mexico. 60. 11-17.

Navarrete Hurtado, Solón, & Brecci, Miguel, & Riveros, Fernando, & Lemus Barrios, Gustavo, & Amado, Luisa, & Mera, Katalina (2018). Monitoreo hemodinámico con sensor implantable inalámbrico (CardioMEMS) en pacientes con

insuficiencia cardíaca. Primera experiencia en Latinoamérica post aprobación para uso clínico. INSUFICIENCIA CARDIACA, 13(3),134-144.[fecha de Consulta 10 de Julio de 2021]. ISSN: 1850-1044. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321958045006>

Navarro Cadavid, Andrés; Fernández Martínez, Juan Daniel; Morales Vélez, Jonathan Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software PROSPECTIVA, vol. 11, núm. 2, julio-diciembre, 2013, pp. 30-39 Universidad Autónoma del Caribe.

Naylamp Mechatronics (2016). Pantalla OLED [Fotografía]. Obtenida Naylamp Mechatronics: [www.NaylampMechatronics.com](http://www.NaylampMechatronics.com)

Naylamp Mechatronics (2016). Placa del Arduino UNO [Fotografía]. Obtenida Naylamp Mechatronics: [www.NaylampMechatronics.com](http://www.NaylampMechatronics.com)

Naylamp Mechatronics (2017). Módulo de transmisión de datos NRF24L01 [Fotografía]. Obtenida Naylamp Mechatronics: [www.NaylampMechatronics.com](http://www.NaylampMechatronics.com)

Naylamp Mechatronics (2018). Sensor de Pulsimetría MAX30102 [Fotografía]. Obtenida Naylamp Mechatronics: [www.NaylampMechatronics.com](http://www.NaylampMechatronics.com)

Naylamp Mechatronics (2019). Componentes electrónicos. Recuperado de <https://naylampmechatronics.com/>

Organización Mundial de la Salud (2019) Atención del trabajador de salud expuesto al nuevo coronavirus (SARSCoV-2) en establecimientos de salud. Recuperado en [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52033/PAHOPHEIMCovid1920005\\_spa.pdf?sequence=5](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52033/PAHOPHEIMCovid1920005_spa.pdf?sequence=5).

Quiroz Estrada, A.; Acosta Amaya, G.A.; Torres Villa, R.A. (2021). Diseño de un sistema internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de la presión arterial. Revista EIA, 18(35), Reia35010. pp. 1-15. <https://doi.org/10.24050/reia.v18i35.1474>

Redes Noralemileno (2020). Referencia de una transmisión inalámbrica [Ilustración]. Obtenida Redes Noralemileno: [www.redes.noralemileno.com](http://www.redes.noralemileno.com)

Rengifo, B. E. (2018). Diseño de sistema de monitoreo de signos vitales de pacientes en emergencias de la cía. de bomberos salvadora Trujillo N° 26. Trujillo, Perú.

Rodríguez Palacios, G. (2019). Diseño de un prototipo de monitor cardíaco precordial monocanal portátil para evaluación electrocardiográfica básica en forma rápida. Buenos Aires, Argentina.

Salazar-Pereyra A, Rojas TIS, Ramírez-Bermúdez J et al. Monitoreo de las concentraciones plasmáticas de clozapina en pacientes con esquizofrenia. Arch Neurocienc. 2011;16(1):4-7.

Salud Digital Fundación Carlos Slim (2020) El gobierno del estado de Chihuahua firmó el acuerdo "Salud digital, personas seguras" con la compañía tecnología Dell, para brindar equipos de telemedicina para el monitoreo de pacientes COVID en sus domicilios. Recuperado en <https://saluddigital.com/comunidades-conectadas/en-chihuahua-mexico-utilizan-telemedicina-para-monitorear-pacientes-covid-en-aislamiento-domiciliario/?fbclid=IwAR0v45GskY-176MOGcNq5AP2SxxzNVAmkSiUdT9b6v0xGNhap9t-LgeHyrk>

Scientific European Federation (2012). Prueba "t" de Student. Recuperado de



<https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Prueba-t-de-Student.pdf>

Valdés González, Yamilé, Álvarez Batard, Germinal, Pérez Caballero, Delfín, & Ruso Quintana, Raúl. (2007). Utilidad del monitoreo ambulatorio de la presión arterial: Experiencia cubana de 104 casos. *Revista Cubana de Medicina*, 46(4) Recuperado en 10 de julio de 2021, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75232007000400007&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75232007000400007&lng=es&tlng=es).

Yun, S., Enjuanes, C., Calero, E., Hidalgo, E., Cobo, M., Llàcer, P., García-Pinilla, J. M., González-Franco, Á., Núñez, J., Morales-Rull, J. L., Beltrán, P., Delso, C., Freixa-Pamias, R., Moliner, P., Corbella, X., Comín-Colet, J., and the HERMeS trial investigators group (2020) Study design of Heart failure Events reduction with Remote Monitoring and eHealth Support (HERMeS). *ESC Heart Failure*.

**ANEXOS**

Anexo N° 01: Matriz de consistencia.

<b>SISTEMA BIOMÉDICO EN EL MONITOREO DE PACIENTES HOSPITALIZADOS EN UNA CLÍNICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO EN EL AÑO 2021.</b>				
<b>PROBLEMA</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>METODOLOGIA</b>
¿De qué manera influye un sistema biomédico en el monitoreo de pacientes hospitalizados llevado a cabo por los profesionales de una clínica en el año 2021?	Un sistema biomédico influye positivamente en el monitoreo de pacientes hospitalizados llevado a cabo por los profesionales de una clínica en el año 2021.	Determinar la influencia de un sistema biomédico en el monitoreo de hospitalizados llevado a cabo por los profesionales de una clínica en el año 2021.	Sistema biomédico	<b>Diseño</b>
				$G \quad O_1 \quad X \quad O_2$
				Donde: G: Muestra X: Sistema biomédico O1: Medición pre-experimental del monitoreo de pacientes hospitalizados O2: Medición post-experimental del monitoreo de pacientes hospitalizados
				<b>Población</b>

				Los 17 enfermeros que trabajan en el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo.
--	--	--	--	---

		<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>Muestra</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer la influencia de un sistema biomédico en el equipamiento del monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica en el año 2021.</li> <li>• Determinar la influencia de un sistema biomédico en la fidelidad del monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica en el año 2021.</li> </ul>	Monitoreo de pacientes hospitalizados	<p>M = 10</p> <p>La muestra es de 10 enfermeros que trabajan en una clínica de la ciudad de Trujillo, fueron elegidos por su disponibilidad de participación en el proyecto.</p>

Anexo N° 02: Matriz de operacionalización.

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
Sistema biomédico	Los sistemas biomédicos se definen como el conjunto de Tecnologías de la información y la Comunicación (TIC) que son usadas en el ámbito de la medicina para una mejor contribución (Gámez, 2020).	Para medir el sistema biomédico se debe tener en cuenta la finalidad para la cual han sido creados, corregir problemas de visibilidad y accesibilidad (Chaparro y Vivas, 2016).	Visibilidad	Aceptación de modelo
				Capacidad de señalización
			Accesibilidad	Disponibilidad de uso
				Capacidad para ser usado
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
Monitoreo de pacientes hospitalizados	El monitoreo de pacientes es el proceso por el cual se plantea brindar atención en todas partes y en cualquier momento al enfermo, incluso cuando el personal de la salud está en movimiento o enfocado en avanzar con otras labores médicas (Campaña, Aguirre, Cabrera y Cervelion, 2019)	El monitoreo de pacientes es medido a través de la medición de las siguientes dimensiones: Equipamiento y Fidelidad (Awad, 2017).	Equipamiento del monitoreo	Cumplimiento de las necesidades.
				Protocolo del monitoreo
			Fidelidad	Usabilidad
				Exactitud de datos biomédicos

Anexo N° 03: Instrumentos.

**1. Instrumento para medir el protocolo del monitoreo.**

Ficha de observación del protocolo del monitoreo						
<b>Observador:</b>						
<b>Clínica:</b>						
<b>Área de Observación:</b>						
<b>Fecha de observación:</b>						
<b>Unidad de Estudio:</b>						
Conocer los riesgos e incomodidades que se presentan durante el monitoreo a los pacientes Hospitalizados						
Items	Preguntas	RANGO				Observación
		Malo-----Muy Bueno				
		1	2	3	4	
1	Vulnerabilidad del contagio para los enfermeros(as).					
2	Comodidad en la área de monitoreo					
3	Procesamiento de la muestra tomada					
4	Rapidez del protocolo ante una emergencia.					
<b>Sugerencias:</b>						

## 2. Instrumento para medir el cumplimiento de necesidades.

### CUESTIONARIO DEL CUMPLIMIENTO DE NECESIDADES PARA EL MONITOREO DE PACIENTES HOSPITALIZADOS EN UNA CLÍNICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO

Objetivo del cuestionario:

Conocer el grado de aceptación para el cumplimiento de necesidades para el monitoreo de pacientes hospitalizados.

Instrucción: Marque con una X la opción que crea conveniente.

Pregunta 1:

¿Cómo califica el sistema de monitoreo?

<b>Malo:</b>		<b>Regular:</b>		<b>Bueno:</b>		<b>Muy Bueno:</b>	
--------------	--	-----------------	--	---------------	--	-------------------	--

Pregunta 2:

¿Cómo califica los procedimientos para el monitoreo de pacientes?

<b>Malo:</b>		<b>Regular:</b>		<b>Bueno:</b>		<b>Muy Bueno:</b>	
--------------	--	-----------------	--	---------------	--	-------------------	--

Pregunta 3:

¿Cómo califica la seguridad del sistema de monitoreo?

<b>Malo:</b>		<b>Regular:</b>		<b>Bueno:</b>		<b>Muy Bueno:</b>	
--------------	--	-----------------	--	---------------	--	-------------------	--

Pregunta 4:

¿Cómo califica el impacto del monitoreo en la recuperación de pacientes?

<b>Malo:</b>		<b>Regular:</b>		<b>Bueno:</b>		<b>Muy Bueno:</b>	
--------------	--	-----------------	--	---------------	--	-------------------	--

### 3. Instrumento para medir la usabilidad

#### CUESTIONARIO SOBRE LA USABILIDAD PARA EL MONITOREO DE PACIENTES HOSPITALIZADOS EN UNA CLÍNICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO

Objetivo del cuestionario:

Conocer el grado de aceptación para la usabilidad para el monitoreo de pacientes hospitalizados.

Instrucción: Marque con una X la opción que crea conveniente.

Pregunta 1:

¿Siente a gusto trabajando con el sistema de monitoreo?

Nunca:	<input type="checkbox"/>	A veces:	<input type="checkbox"/>	Casi siempre:	<input type="checkbox"/>	Siempre:	<input type="checkbox"/>
--------	--------------------------	----------	--------------------------	---------------	--------------------------	----------	--------------------------

Pregunta 2:

¿Siente que el sistema de monitoreo actual facilita su trabajo?

Nunca:	<input type="checkbox"/>	A veces:	<input type="checkbox"/>	Casi siempre:	<input type="checkbox"/>	Siempre:	<input type="checkbox"/>
--------	--------------------------	----------	--------------------------	---------------	--------------------------	----------	--------------------------

Pregunta 3:

¿Siente que se utiliza la tecnología adecuada en el monitoreo de pacientes?

Nunca:	<input type="checkbox"/>	A veces:	<input type="checkbox"/>	Casi siempre:	<input type="checkbox"/>	Siempre:	<input type="checkbox"/>
--------	--------------------------	----------	--------------------------	---------------	--------------------------	----------	--------------------------

Pregunta 4:

¿El sistema de monitoreo se da abasto para atender a todos los pacientes internados?

Nunca:	<input type="checkbox"/>	A veces:	<input type="checkbox"/>	Casi siempre:	<input type="checkbox"/>	Siempre:	<input type="checkbox"/>
--------	--------------------------	----------	--------------------------	---------------	--------------------------	----------	--------------------------



#### 4. Instrumento para medir la exactitud de datos biomédicos.

### CUESTIONARIO SOBRE LA EXACTITUD DE DATOS BIOMÉDICOS PARA EL MONITOREO DE PACIENTES HOSPITALIZADOS EN UNA CLÍNICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO

Objetivo del cuestionario:

Conocer el grado de aceptación para la exactitud de datos biomédicos para el monitoreo de pacientes hospitalizados.

Instrucción: Marque con una X la opción que crea conveniente.

Pregunta 1:

¿Considera que el monitoreo brinda un buen diagnóstico?

<b>Malo:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Regular:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Bueno:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Muy Bueno:</b>	<input type="checkbox"/>
--------------	--------------------------	-----------------	--------------------------	---------------	--------------------------	-------------------	--------------------------

Pregunta 2:

¿El tiempo de toma de datos del monitoreo es adecuado?

<b>Malo:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Regular:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Bueno:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Muy Bueno:</b>	<input type="checkbox"/>
--------------	--------------------------	-----------------	--------------------------	---------------	--------------------------	-------------------	--------------------------

Pregunta 3:

¿Las alertas del sistema de monitoreo funcionan correctamente?

<b>Malo:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Regular:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Bueno:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Muy Bueno:</b>	<input type="checkbox"/>
--------------	--------------------------	-----------------	--------------------------	---------------	--------------------------	-------------------	--------------------------

Pregunta 4:

¿Cómo califica la fiabilidad de los datos recogidos por el sistema de monitoreo?

<b>Malo:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Regular:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Bueno:</b>	<input type="checkbox"/>	<b>Muy Bueno:</b>	<input type="checkbox"/>
--------------	--------------------------	-----------------	--------------------------	---------------	--------------------------	-------------------	--------------------------

Anexo N° 04: Matriz de validación.

**MATRIZ DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS**

<b>Título de la investigación:</b>	Sistema biomédico en el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de Trujillo en el año 2021.
<b>Línea de investigación:</b>	Salud pública y poblaciones vulnerables.
<b>El o los instrumentos de medición pertenece(n) a la variable:</b>	Monitoreo de pacientes hospitalizados.

Mediante la matriz de validación por *juicio* de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables, dimensiones o indicadores de la investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	X		
6	¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas? - (En caso de cuestionarios)	X		
7	¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? - (En caso de cuestionarios)	X		
8	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
9	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? - (En caso de cuestionarios)	X		
10	¿El instrumento de medición será accesible a la población/muestra de estudio?	X		
11	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		

**Sugerencias:**

Nombre completo: Enrique Morán Montoya  
DNI: 09809546  
Grado: Maestro



Firma del Experto


Anexo N° 05: Cronograma

**Cronograma para el proceso de elaboración del Sistema Biomedico en el monitoreo de pacientes hospitalizados en una clínica de la ciudad de Trujillo en el 2021**

ACTIVIDADES	Agosto				Setiembre				Octubre				Noviembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 Recogo de propuestas para la mejora del monitoreo.																
2 Analisis de las propuestas y toma de decisiones.																
3 Diseño experimental del prototipo.																
4 Pruebas de prototipo.																
5 Mejoras y/o rediseños del prototipo.																
6 Construcción del sistema biomédico.																
7 Pruebas del sistema biomédico.																
8 Aplicación del sistema biomédico																
9 Toma de datos.																
10 Elaboración de informe.																

## Anexo N° 06: Pruebas de normalidad

### 1. Prueba de normalidad del cumplimiento de necesidades.





You are using the XLSTAT trial version. Number of days remaining until the trial expires: 12								Order
XLSTAT 2021.4.1.1205 - Normality tests - Start time: 30/10/2021 at 00:24:23 / End time: 30/10/2021 at 00:24:23								
Data: Workbook = Resultados t3-rv2.xlsx / Sheet = Resultados / Range = Resultados!\$B\$3:\$C\$13 / 10 rows and 2 columns								
Significance level (%): 5								
								
Summary statistics								
Summary statistics:								
Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without missing data	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation	
Pre-Test	10	0	10	2.250	3.250	2.725	0.381	
Post-Test	10	0	10	2.750	3.750	3.300	0.307	
Shapiro-Wilk test (Pre-Test):								
W	0.848							
p-value (Two-alpha)	0.055							
Test interpretation:								
H0: The variable from which the sample was extracted follows a Normal distribution.								
Ha: The variable from which the sample was extracted does not follow a Normal distribution.								
As the computed p-value is greater than the significance level alpha=0.05, one cannot reject the null hypothesis H0.								
Shapiro-Wilk test (Post-Test):								
W	0.924							
p-value (Two-alpha)	0.389							
Test interpretation:								
H0: The variable from which the sample was extracted follows a Normal distribution.								
Ha: The variable from which the sample was extracted does not follow a Normal distribution.								
As the computed p-value is greater than the significance level alpha=0.05, one cannot reject the null hypothesis H0.								
Summary:								
Variable\Test	Shapiro-Wilk							
Pre-Test	0.055							
Post-Test	0.389							

## 2. Prueba de normalidad del protocolo del monitoreo.

You are using the XLSTAT trial version. Number of days remaining until the trial expires: 12 Order

XLSTAT 2021.4.1.1205 - Normality tests - Start time: 30/10/2021 at 00:24:55 / End time: 30/10/2021 at 00:24:55  
Data: Workbook = Resultados t3-rv2.xlsx / Sheet = Resultados / Range = Resultados!\$G\$3:\$H\$13 / 10 rows and 2 columns

Significance level (%): 5

Summary statistics

Summary statistics:

Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without missing data	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
Pre-Test	10	0	10	2.250	3.250	2.750	0.264
Post-Test	10	0	10	3.000	3.750	3.250	0.264

Shapiro-Wilk test (Pre-Test):

W	0.872
p-value (Two-alpha)	0.105
alpha	0.050

Test interpretation:  
 H0: The variable from which the sample was extracted follows a Normal distribution.  
 Ha: The variable from which the sample was extracted does not follow a Normal distribution.  
 As the computed p-value is greater than the significance level alpha=0.05, one cannot reject the null hypothesis H0.

Shapiro-Wilk test (Post-Test):


W	0.859
p-value (Two-alpha)	0.074
alpha	0.050

Test interpretation:  
 H0: The variable from which the sample was extracted follows a Normal distribution.  
 Ha: The variable from which the sample was extracted does not follow a Normal distribution.  
 As the computed p-value is greater than the significance level alpha=0.05, one cannot reject the null hypothesis H0.

Summary:

Variable\Test	Shapiro-Wilk
Pre-Test	0.105
Post-Test	0.074


### 3. Prueba de normalidad de la usabilidad.

You are using the XLSTAT trial version. Number of days remaining until the trial expires: 12								Order
XLSTAT 2021.4.1.1205 - Normality tests - Start time: 30/10/2021 at 00:25:54 / End time: 30/10/2021 at 00:25:54								
Data: Workbook = Resultados t3-rv2.xlsx / Sheet = Resultados / Range = Resultados!\$B\$19:\$C\$29 / 10 rows and 2 columns								
Significance level (%): 5								
								
Summary statistics								
Summary statistics:								
Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without missing data	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation	
Pre-Test	10	0	10	1.750	3.000	2.450	0.438	
Post-Test	10	0	10	2.750	3.500	3.075	0.237	
Shapiro-Wilk test (Pre-Test):								
W	0.932							
p-value (Two-alpha)	0.473							
	0.050							
Test interpretation:								
H0: The variable from which the sample was extracted follows a Normal distribution.								
Ha: The variable from which the sample was extracted does not follow a Normal distribution.								
As the computed p-value is greater than the significance level alpha=0.05, one cannot reject the null hypothesis H0.								
Shapiro-Wilk test (Post-Test):								
W	0.911							
p-value (Two-alpha)	0.287							
	0.050							
Test interpretation:								
H0: The variable from which the sample was extracted follows a Normal distribution.								
Ha: The variable from which the sample was extracted does not follow a Normal distribution.								
As the computed p-value is greater than the significance level alpha=0.05, one cannot reject the null hypothesis H0.								
Summary:								
Variable\Test	Shapiro-Wilk							
Pre-Test	0.473							
Post-Test	0.287							

#### 4. Prueba de normalidad de la exactitud de datos biomédicos.

You are using the XLSTAT trial version. Number of days remaining until the trial expires: 12 Order

XLSTAT 2021.4.1.1205 - Normality tests - Start time: 30/10/2021 at 00:26:34 / End time: 30/10/2021 at 00:26:35  
Data: Workbook = Resultados t3-rv2.xlsx / Sheet = Resultados / Range = Resultados!\$G\$19:\$H\$29 / 10 rows and 2 columns  
Significance level (%): 5



Summary statistics

Summary statistics:

Variable	Observations	Obs. with missing data	Obs. without missing data	Minimum	Maximum	Mean	Std. deviation
Pre-Test	10	0	10	2.250	3.250	2.725	0.343
Post-Test	10	0	10	2.750	3.500	3.125	0.212

Shapiro-Wilk test (Pre-Test):

W	0.926
p-value (Two-alpha)	0.410
	0.050

Test interpretation:  
H0: The variable from which the sample was extracted follows a Normal distribution.  
Ha: The variable from which the sample was extracted does not follow a Normal distribution.  
As the computed p-value is greater than the significance level alpha=0.05, one cannot reject the null hypothesis H0.

Shapiro-Wilk test (Post-Test):

W	0.906
p-value (Two-alpha)	0.258
	0.050

Test interpretation:  
H0: The variable from which the sample was extracted follows a Normal distribution.  
Ha: The variable from which the sample was extracted does not follow a Normal distribution.  
As the computed p-value is greater than the significance level alpha=0.05, one cannot reject the null hypothesis H0.

Summary:

Variable\Test	Shapiro-Wilk
Pre-Test	0.410
Post-Test	0.258

## Anexo N° 07: Metodología de sistemas embebidos.

### 1. Administración del ciclo de vida.

Se identificó los pasos y requerimientos de cada fase y se estableció un cronograma para el cumplimiento de cada etapa de la metodología. Ver el anexo N°5

### 2. Análisis y diseño.

#### 2.1. Especificación de requerimientos.

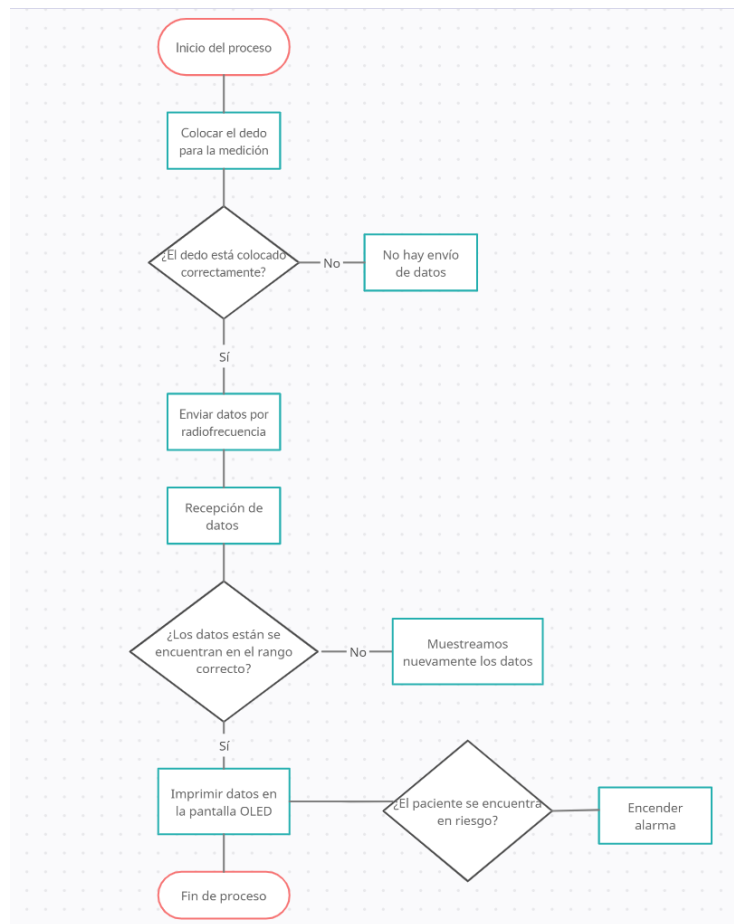
##### 2.1.1. **Requisitos funcionales**

- Realizar la toma de datos biomédicos.
- Enviar los datos obtenidos a través de radio frecuencia con un rango de 2.4GHz, esto permite que el envío llegue hasta los 200 m.
- Mostrar las lecturas obtenidas por radio frecuencia en la pantalla OLED.
- El sistema debe mostrar “Ingrese su dedo” cuando el sensor no detecte un dedo.
- El sistema debe mostrar “Ingrese su dedo” cuando el sensor obtenga datos erróneos.
- El sistema debe estar alimentado por baterías recargables.

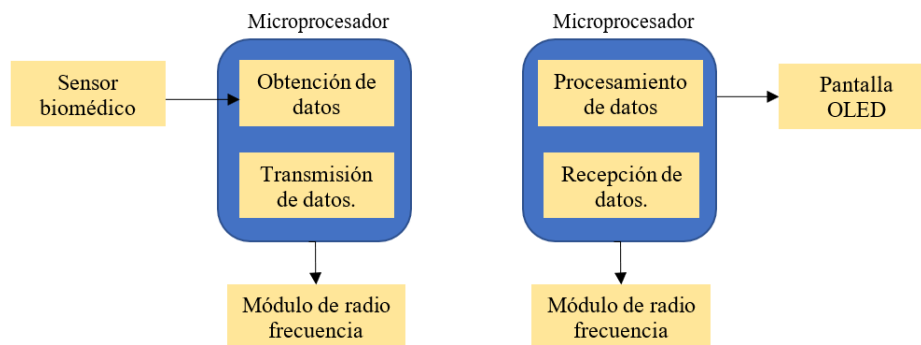
##### 2.1.2. **Requisitos no funcionales**

- El sistema debe ser preciso capturando los datos del sensor.
- El sistema debe tener una letra visible y clara para el usuario
- El hardware debe ser rápido y preciso con la ejecución del programa.





**Figura 27:** Diseño de software



**Figura 28:** Arquitectura del sistema embebido.



**Figura 29:** Diseño de hardware

### 3. Desarrollo de hardware.

#### 3.1. Proceso estándares del hardware

##### 3.1.1. Controlador

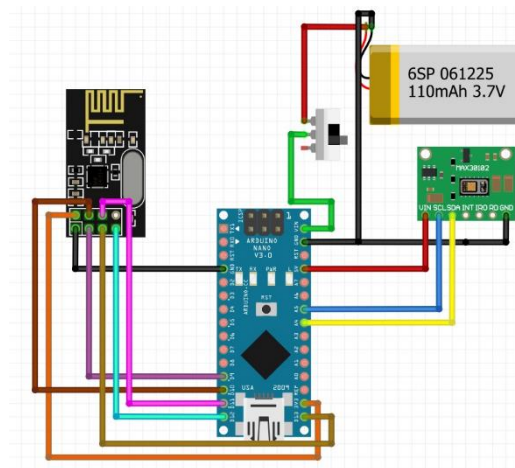
- Arduino nano: Es el módulo que contiene toda la programación y lógica del sistema biomédico. A este controlador están conectados todos los demás componentes electrónicos del sistema. Recibe los datos del sensor biomédico, para ser enviados y mostrados a la pantalla OLED.

##### 3.1.2. Sensores

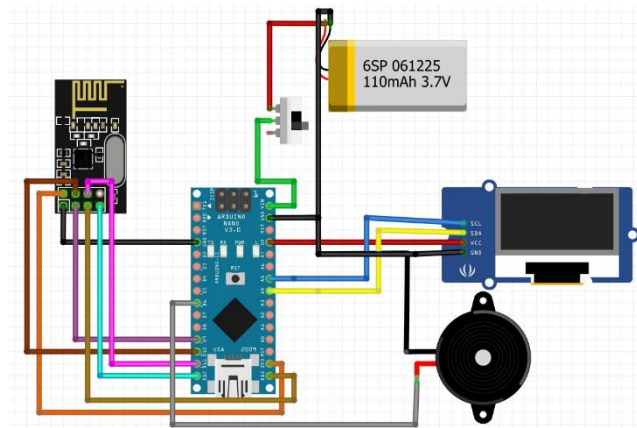
- Sensor biomédico: El sistema está compuesto por un sensor que se encarga de monitorear el ritmo cardiaco y la saturación de oxígeno del paciente.

##### 3.1.3. Actuadores

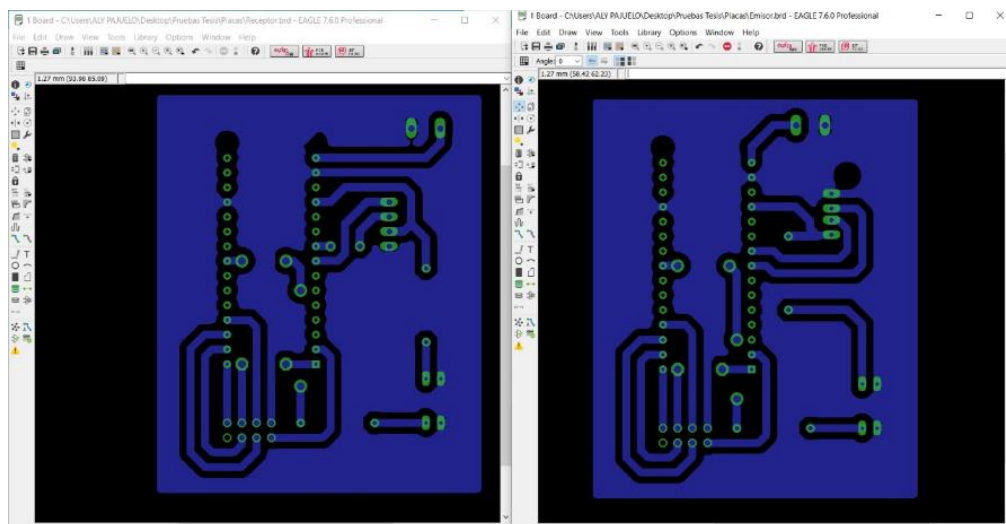
- Módulo de Radio frecuencia: Son los encargados de la transmisión de datos, permite la comunicación entre el proceso de obtención hasta el proceso de visualización.
- Pantalla OLED: Es la interfaz gráfica, permite ver los datos que son recolectados por el sensor.
- Buzzer: Es el dispositivo que hace la función de alarma. Se activa cuando los datos biomédicos del paciente están fuera de lo normal.



**Figura 30:** Diagrama de conexiones del equipo transmisor.



**Figura 31:** Diagrama de conexiones del equipo receptor.



**Figura 32:** Diseño de las tarjetas electrónicas.



**Figura 33:** Impresión y planchado del diseño

#### 4. Desarrollo de software.

```
transmisor Arduino 1.8.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
transmisor

void loop()
{
  //read the first 50 samples, and determine the signal range
  for (byte i = 0; i < 50; i++)
  {
    while (particleSensor.available() == false) //do we have new data?
      particleSensor.check(); //Check the sensor for new data

    redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
    irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
    particleSensor.nextSample(); //We're finished with this sample so move to next sample
    Serial.println("Muestreado datos...");
  }

  //calculate heart rate and SpO2 after first 50 samples (first 4 seconds of samples)
  maxHeartRateAndOxygenSaturation(irBuffer, 50, redBuffer, &spo2, &validSpO2, &heartRate, &validHeartRate);

  //Continuously taking samples from MAX30102. Heart rate and SpO2 are calculated every 1 second
  while (1)
  {
    //dumping the first 25 sets of samples in the memory and shift the last 25 sets of samples to the top
    for (byte i = 25; i < 50; i++)
    {
      redBuffer[i - 25] = redBuffer[i];
      irBuffer[i - 25] = irBuffer[i];
    }

    //take 25 sets of samples before calculating the heart rate.
    for (byte i = 25; i < 50; i++)
    {
      while (particleSensor.available() == false) //do we have new data?
        particleSensor.check(); //Check the sensor for new data

      redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
      irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
      particleSensor.nextSample(); //We're finished with this sample so move to next sample

      long irValue = particleSensor.getIR();
    }
  }
}
```

**Figura 34:** Desarrollo del algoritmo para la tarjeta de transmisión.

```
receptor Arduino 1.8.16 (Windows Store 1.8.51.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

receptor

void setup()
{
  //inicializamos el NRF24L01
  radio.begin();
  radio.setChannel(1);
  radio.setDataRate(RF24_1MBPS);
  //inicializamos el puerto serie
  Serial.begin(115200);
  //Abrimos el canal de Lectura
  radio.openReadingPipe(1, direccion);
  //empezamos a escuchar por el canal
  radio.startListening();
  Serial.println("Leyendo datos...");
  display.begin(SH1106_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
  display.clearDisplay();
}

void loop() {
  uint8_t numero_canal;

  if ( radio.available() )
  {
    //radio.read(&button_state, sizeof(button_state));
    //Leemos los datos y los guardamos en la variable datos[]
    radio.read(datos,sizeof(datos));

    //reportamos por el puerto serial los datos recibidos
    Serial.print("Datos Recibidos = " );
    Serial.print("SpO2: ");
    Serial.println(datos[0], DEC);
    //Serial.print(" BPM: ");
    //Serial.println(datos[1],DEC);

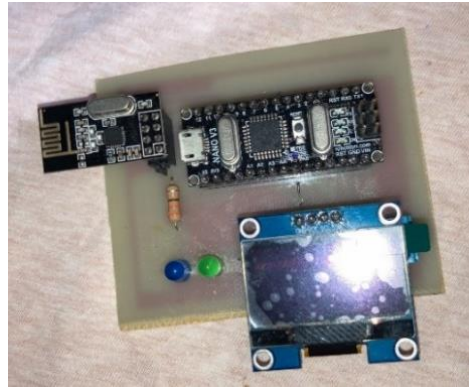
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(35,20);
    display.print(datos[0]);
    display.setCursor(1,20);
    display.print(" SpO2: ");
  }
}
```

**Figura 35:** Desarrollo del algoritmo para la tarjeta de recepción.

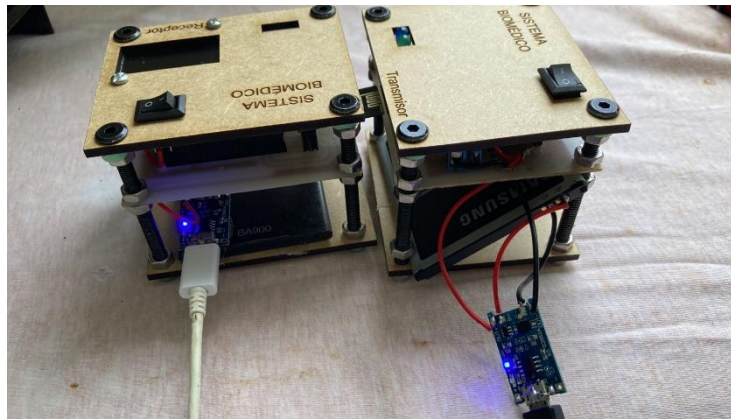
## 5. Integración y pruebas.



**Figura 36:** Resultado final de la tarjeta de adquisición y transmisión de datos.



**Figura 37:** Resultado final de la tarjeta de recepción y visualización de datos



**Figura 38:** Integración de software y hardware.



**Figura 39:** Visualización de datos.

6. Administración del producto.



**Figura 40:** Liberación del producto.

7. Manufactura en serie.



**Figura 41:** Capacitación al personal médico.



**Figura 42:** Implementación en serie. Toma de datos del paciente



**Figura 43:** Implementación en serie. Envío de datos del paciente mediante el dispositivo transmisor.



**Figura 44:** Implementación en serie. Lectura de datos por parte de la enfermera en el Star de Enfermería mediante el dispositivo receptor.