



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

**Implementación del plan de verificación de
electrocardiógrafos en un establecimiento de salud
durante los últimos 4 años**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

AUTOR

Felix Rafael RIVERO LUNA

ASESOR

Mg. Wilbert CHAVEZ IRAZABAL

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Rivero, F. (2023). *Implementación del plan de verificación de electrocardiógrafos en un establecimiento de salud durante los últimos 4 años*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Felix Rafael Rivero Luna
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72704120
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Wilbert Chavez Irazabal
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08121733
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7978-7031
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Rejis Renato Paredes Peñafiel
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06758404
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Chiri Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09293427
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Ruben Gino Martinez Varela
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09270432
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.6.3 Instrumentación Biomédica
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Latitud: -12.056178775847592 Longitud: -77.0845517891809
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2019 - diciembre 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01 Ingeniería médica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.06.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.
2. Escuela Profesional de Ingeniería de Electrónica.
3. Emisor del Informe el director de la Escuela Profesional de Ingeniería de Electrónica.
4. Operador del programa informático de similitudes: Rejis Renato Paredes Peñafiel.
5. Documento evaluado: Trabajo de Suficiencia Profesional para título de (pregrado)
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE VERIFICACIÓN DE ELECTROCARDIOGRAFOS EN UN
ESTABLECIMIENTO DE SALUD DURANTE LOS ÚLTIMOS 4 AÑOS.
6. Auto de la tesis: Rivero Luna Felix Rafael
Fecha de aplicación de recepción del documento: 14-12-2022
7. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 14-12-2022
8. Software utilizado: Turnitin.
9. Configuración del programa detector de similitudes:
 - Excluye citas.
 - Excluye bibliografía.
 - Excluye cadenas menores de 40 palabras
10. Porcentaje de similitudes según programa detector: Cuatro por ciento – 4%
11. Fuentes originales de las similitudes encontradas.

1. docplayer.es	1% Fuente de Internet
2. 1library.co	1% Fuente de Internet
3. hdl.handle.net	<1% Fuente de Internet
4. es.scribd.com	<1% Fuente de Internet
5. Submitted to Escuela De Ingenieria De Antiquia - Columbia	<1% Trabajo del Estudiante <1% Fuente de Internet
6. slideplayer.es	<1% Fuente de Internet
7. cybertesis.unmsm.edu.pe	<1% Fuente de Internet

12. Observaciones: Ninguna
13. Calificación de originalidad
 - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.
14. Fecha del informe: 22 de febrero del 2023.

Atentamente,

MG. PAREDES PEÑAFIEL, REJIS RENATO DIRECTOR DE LA EPIE

Anexo 1

Implementación del plan de verificación de electrocardiografos en un establecimiento de salud durante los últimos 4 años

por Rivero Luna Felix Rafael

Fecha de entrega: 14-dic-2022 07:56p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1981557626

Nombre del archivo: TSP_FELIX_RAFAEL_RIVERO_LUNA_14_12.pdf (4.34M)

Total de palabras: 12768

Total de caracteres: 73417

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELÉCTRICA

Implementación del plan de verificación de electrocardiografos en un establecimiento de salud durante los últimos 4 años

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%	5%	0%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
2	1library.co Fuente de Internet	1 %
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
4	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
5	Submitted to Escuela De Ingenieria De Antiquia - Columbia Trabajo del estudiante	<1 %
6	slideplayer.es Fuente de Internet	<1 %
7	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, por darme la sabiduría para poder culminar este trabajo y así poder avanzar en el ámbito profesional. A mis padres, que siempre trabajaron arduamente para darme las herramientas para encaminar mi carrera profesional. También va dedicado para las personas cercanas a mi entorno que no me dejaron desistir de mis ideales y confiaron en mis capacidades.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi familia, por estar conmigo en las buenas y en las malas, y permitirme vivir grandes experiencias que a la larga me ayudarían a superar obstáculos y seguir en el buen camino. También agradecer a la clínica San Gabriel por haberme permitido consolidarme en el rubro que me apasiona, y también a Promart Home Center, por hacerme recordar la capacidad que tengo.

RESUMEN

Cuando se realizan los mantenimientos preventivos con relación a equipos de medición de Signos Vitales, generalmente siempre encontramos la problemática de operatividad, además de que las mediciones que se realizan a los pacientes, muestren una monitorización exacta, y a la vez descartar un mal manejo usuario de dichos equipos. El presente trabajo de suficiencia profesional mostrará como se elaborará un sistema y un plan de verificación de los electrocardiógrafos, a partir de un patrón, y así elaborar una evaluación rutinaria de dichos equipos, que también pueden estar incluida en los mantenimientos preventivos y calibraciones de estos. Con esto evitaríamos recurrir a servicios de proveedores terceros, y generar un menor gasto al establecimiento de salud, y a la vez acortar el tiempo de evaluación de descarte de fallas del equipo.

Palabras claves: Verificación, patrón, electrocardiógrafo, plan, latidos por minuto (lpm).

.

ABSTRACT

When preventive maintenance is carried out in relation to Vital Signs measurement equipment, we generally always find the problem of operability, in addition to the fact that the measurements made on patients show accurate monitoring, and at the same time rule out user mishandling of these teams. The present work of professional proficiency will show how a system and a verification plan for the electrocardiographs will be elaborated, from a pattern, and thus elaborate a routine evaluation of said equipment, which can also be included in the preventive maintenance and calibrations of these. With this, we would avoid resorting to services from third-party providers, and generate less expense for the health establishment, and at the same time shorten the evaluation time to rule out equipment failures.

Key words: Verification, pattern, electrocardiograph, plan, beats per minute (bpm).

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	x
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II: INFORMACIÓN Y CONTEXTO DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	3
2.1 Reseña y Actividad desarrollada por la Institución	3
2.2 Periodo de duración de la actividad	3
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad	4
2.4 Organigrama de la institución	4
2.5 Área, Cargo, Funciones desempeñadas y Experiencia Profesional en en la Institución	5
2.6 Razón Social, Código Postal y Correo electrónico del profesional a cargo de la Institución	6
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	7
3.1 Organización de la actividad	7
3.2 Problemática	7
3.2.1 Problema General	8
3.2.2 Problemas Específicos	8

3.2.3	Justificación e importancia de la investigación.....	8
3.3	Finalidad y objetivos de la Actividad	9
3.3.1	Finalidad	9
3.3.2	Objetivo General.....	9
3.3.3	Objetivos Específicos	9
3.3.4	Alcance	9
3.4	Metodología.....	10
3.4.1	Metodología Aplicada	10
3.4.2	Bases teóricas	11
3.4.2	Marco conceptual.....	11
3.5	Procedimiento.....	13
3.6	Resultado de la actividad	59
CAPITULO IV: CONCLUSIONES.....		62
4.1	Justificación	62
4.2	Conclusiones	62
CAPITULO V: RECOMENDACIONES		64
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA.....		65
CAPITULO VII: ANEXOS.....		67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de encargados del grupo de Salud	4
Figura 2. Fases de Investigación Aplicada.....	10
Figura 3. Ondas características de un ECG.....	14
Figura 4. Forma característica de la señal cardiaca y su conducción eléctrica	16
Figura 5. Triángulo de Eithoven – Vector Cardíaco	17
Figura 6. Polaridades y Conexiones de las derivaciones bipolares	18
Figura 7. Derivaciones aumentadas y Terminal Central de Wilson	18
Figura 8. Representación de Derivaciones Aumentadas	19
Figura 9. Representación de Derivaciones Unipolares	20
Figura 10. Código de Colores Cable a paciente - americano	23
Figura 11. Modelo Electrodo - Piel	24
Figura 12. Conformación de un electrocardiógrafo	25
Figura 13. Tiempos de Retención y Muestreo.....	26
Figura 14. Diagrama de Bloques Electrocardiógrafo MAC 500	31
Figura 15. Partes Visuales de un electrocardiógrafo.....	32
Figura 16. Interferencia por red eléctrica.....	33
Figura 17. Interferencia por electrodos.....	33
Figura 18. Desviación línea base	34

Figura 19. Interferencia por ruido muscular.....	34
Figura 20. Interfase de página de requerimientos del establecimiento.....	37
Figura 21. Interfase de Pedidos de Página de Requerimientos del Establecimiento	38
Figura 22. Interfase de Ingreso de Datos de Página de Requerimientos del Establecimiento	38
Figura 23. Formato de Informe de Baja.....	39
Figura 24. Formato de Orden de Compra del Establecimiento.....	40
Figura 25. Formato de Tarjeta de Mantenimiento Preventivo	41
Figura 26. Resumen del Procedimiento de Ingreso de Nuevo Equipo	42
Figura 27. Tarjeta de Mantenimiento Preventivo del Electrocardiografo	43
Figura 28. Formato de Tarjeta Rutinaria	47
Figura 29. Formato Usuario de Funcionabilidad de Electrocardiógrafos	48
Figura 30. Multímetro Digital del Establecimiento	49
Figura 31. Simulador Fluke Prosim 8	50
Figura 32. Medición de Voltaje de Batería del Electrocardiografo	54
Figura 33. Rodillo de Impresión del Electrocardiógrafo	56
Figura 34. Cabezal térmico de impresora del Electrocardiografo	56
Figura 35. Trazado en Impresión de Electrocardiografo	57
Figura 36. Prueba de Simulador Prosim con Electrocardiógrafo	58
Figura 37. Tarjeta Rutinaria del Electrocardiógrafo.....	60
Figura 38. Registro en Formato Usuario de Electrocardiógrafos	61

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Onda cardiaca y su amplitud en mV.....	15
Tabla 2. Onda cardiaca y su duración normal en segundos	15
Tabla 3. Características establecidas para un electrocardiógrafo	22
Tabla 4. Inventario de Electrocardiógrafos del Establecimiento	44
Tabla 5. Factores de para asignación de Rango de Rigurosidad de los Equipos Médicos.....	45
Tabla 6. Escala de Referencia de Rigurosidad	46
Tabla 7. Escala de Referencia del Electrocardiógrafo	46
Tabla 8. Parametrización de Simulador vs Monitorización del Electrocardiógrafo	51
Tabla 9. Pruebas específicas con simulador.....	57
Tabla 10. Observaciones de electrocardiógrafos del	59

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Los equipos médicos tienen una función fundamental en el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de los pacientes que van a un establecimiento de salud. Estos son necesarios para que el personal de salud, entre los que se encuentran los médicos, licenciados y personal técnico, puedan cumplir con sus funciones de una manera óptima y segura.

Entre estos equipos médicos se pueden reconocer una gamma de equipos que permiten monitorizar funciones vitales de los pacientes; entre los que se encuentran la frecuencia cardiaca, la saturación de oxígeno, la temperatura, entre otros; lo cual permite dar un tratamiento adecuado del malestar que puede aquejar al paciente, para optar por su recuperación.

Entre estos equipos de monitorización se encuentra el electrocardiógrafo, el cual es un equipo médico que permite diagnosticar a los pacientes su ritmo cardiaco.

Existen diversos tipos de electrocardiógrafos, los más simples realiza una impresión con el trazado sobre una cinta papel registro térmico para dichos equipos, y los más avanzados realizan un análisis de lo que registran y lo almacenan en digital.

El electrocardiógrafo se utiliza para comprobar cualquier anomalía del corazón, por lo cual los valores descritos por dicho equipo deben tener un mínimo margen de error. Esto es necesario para que el especialista, que por lo general es un médico cardiólogo, pueda dar un diagnóstico acertado al paciente, para que pueda cumplir un tratamiento acorde a su malestar, si es que lo tuviera.

Por eso, este trabajo de suficiencia profesional elabora un plan de verificación de los electrocardiógrafos que se tienen dentro del establecimiento de salud, en todas sus áreas, para llevar un control total de la funcionabilidad de dichos

equipos, y así no tener ningún inconveniente con la trata nuestros pacientes que tengan que pasar por un electrocardiógrafo.

En el capítulo II, se muestran las funciones y los objetivos del Establecimiento de Salud, resaltando su misión y visión, además del cargo, funciones y experiencia profesional que llevo en dicha institución, al igual que unos datos adicionales del establecimiento de salud.

En el capítulo III, se muestran los problemas que hay con referencia al tema en cuestión, los objetivos, soluciones, el alcance y la metodología empleada.

En el capítulo IV, se describe las conclusiones alcanzadas por el trabajo de sustentación, así como las justificaciones.

En el capítulo V, se dan las recomendaciones del trabajo.

CAPITULO II: INFORMACIÓN Y CONTEXTO DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Reseña y Actividad desarrollada por la institución

La clínica San Gabriel es una entidad privada de salud perteneciente a la Red San Pablo, la cual es una de las redes más conocidas en nuestro país y que desde el 2003 está dedicada a brindar una atención segura y de calidad.

La clínica San Gabriel cuenta con más de 400 médicos especialistas distribuidos en más de 40 especialidades, quienes ponen a su disposición toda su experiencia profesional, apoyados en tecnología de punta y a la vez de poseer una de las mejores infraestructuras para realizar diagnósticos precisos y ofrecer los tratamientos más eficaces bajo los estándares internacionales de la Joint Commision International. Su amplia gama incluye los servicios de atención ambulatoria, hospitalización y emergencia las 24 horas y los 365 días del año.

2.2 Periodo de duración de la actividad.

La actividad inició en el año 2019, y debido a que se trata de una verificación constante de un equipo en particular, es algo que se puede llevar a cabo continuamente durante los siguientes años.

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad.

Los objetivos de la clínica y su finalidad estarán basados en su misión y su visión.

2.3.1 Visión

Mantenernos como la red privada de salud más grande del país, con personal altamente capacitado, motivado y apoyado en tecnología de punta

2.3.2 Misión

Lograr la satisfacción y confianza de nuestros pacientes y colaboradores.

2.4 Organigrama de la institución

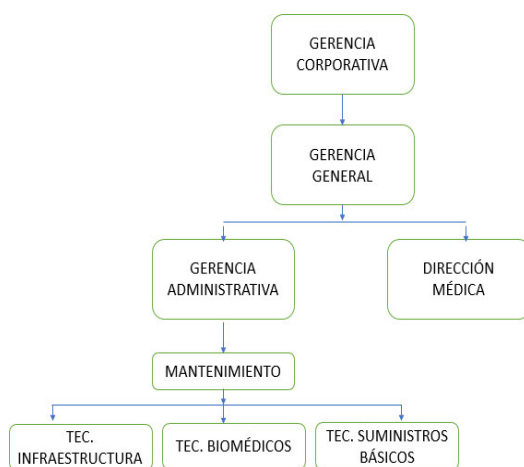


Figura 1. Organigrama de Establecimiento de Salud
Fuente: Elaboración Propia

2.5 Área, Cargo, Funciones Desempeñadas y Experiencia Profesional en la Institución.

En el establecimiento desempeñé la labor de Técnico de Equipamiento Biomédico para el Área de Mantenimiento Biomédico desde el 04 de febrero del 2019 hasta el 17 de junio del 2022. Esta área pertenece al departamento de Mantenimiento.

El área de Mantenimiento Biomédico se encarga de gestionar los equipos médicos que se encuentran en el establecimiento de salud, lo que incluye supervisión, identificación, ejecución de mantenimientos, y otras actividades adicionales, a los equipos biomédicos.

Así mismo, también se evalúa y propone estrategias para una mejora con relación a la gestión de equipos médicos dentro del establecimiento de salud.

Funciones:

Mis funciones de técnico biomédico se dieron según el MOF y la Ficha de Proceso, perteneciente a los procedimientos que estableció la clínica para mi cargo. Estas fueron las siguientes:

- Proponer, programar y realizar los mantenimientos preventivos de los equipos biomédicos propios de áreas diversas de clínica, y supervisar los mantenimientos realizados por externos, tanto de equipos propios y terceros.
- Resolver problemas relacionados a Equipos Biomédicos, evaluando las fallas, priorizando las tareas a realizar y ver si el mantenimiento correctivo puede realizarse de manera interna, o derivar a un externo.
- Lograr disminuir costos de reparaciones externas y solucionar fallas de equipos a corto plazo, siempre priorizando la seguridad del paciente.
- Administrar, ejecutar y registrar todo el programa de mantenimiento preventivo local y externo de los equipos biomédicos.

- Prevenir y capacitar a los usuarios para evitar reincidir en fallas usuarias.
- Supervisar el inventario de equipos biomédicos.
- Plantear propuestas de mejoras en el área, mantener informada a la Jefatura de Mantenimiento, comunicando bajas, traslados de equipos y algún pendiente con dichos equipos.

Así durante mi experiencia en este establecimiento de salud, he obtenido más conocimientos en campos técnicos de los equipos biomédicos, y en funciones de gestión de dichos equipos.

Participo en capacitaciones y en instalaciones de equipo de alta criticidad, y a la vez poder coordinar de la mano con el área logística, el área asistencial de enfermería, y con diversos proveedores, los mantenimientos de diversos equipos según el cronograma anual programado de la clínica.

También el poder participar en implementación de diversas áreas según la necesidad del establecimiento, y supervisar el manejo de los equipos por parte de entidades terceras que laboran en la clínica.

2.6 Razón social, Código Postal y Correo electrónico del profesional a cargo de la Institución.

Razón Social: CLÍNICA SAN GABRIEL S.A.C

Código Postal: San Miguel 15087

Correo: jpinillos@sanpablo.com.pe

CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad

La organización de la actividad se presenta en los siguientes puntos:

- Problemática del trabajo.
- Objetivos del trabajo
- Fundamentos teóricos necesarios para el trabajo de suficiencia profesional.

A partir de estos puntos, se mostrará paso a paso la aplicación de la metodología.

3.2 Problemática

El presente informe surgió debido a la necesidad del establecimiento de implementar un sistema de verificación del buen funcionamiento de los electrocardiógrafos, y así como comprobar la buena manipulación por parte del usuario del equipo, Adicionalmente esto ayudaría a cumplir con el plan de Gestión de Equipos Médicos del establecimiento de Salud basado en el Estándar Internacional De Acreditación de hospitales y clínicas.

3.2.1 Problema General

¿Cómo puedo saber si mi electrocardiógrafo está monitorizando los valores correctos de los pacientes?

3.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo saber que mi electrocardiógrafo no ha tenido observaciones ni fallas durante el mes?
- ¿Cómo puedo observar que se realizaron las verificaciones de los electrocardiógrafos?
- ¿Cómo puedo minimizar las fallas en los electrocardiógrafos?
- ¿Cómo puedo observar el funcionamiento del nuevo plan de verificación de los electrocardiógrafos?
- ¿Cómo puedo medir los beneficios obtenidos por el nuevo plan de verificación de los electrocardiógrafos?

3.2.3 Justificación e importancia de la investigación

La importancia de esta investigación es el poder demostrar que, teniendo una planificación adecuada y las herramientas necesarias, se pueden llevar procedimientos que pueden maximizar la operatividad de ciertos equipos, y así lograr metas a corto y largo plazo, tanto económicas y sociales, ya que se recalca que se habla de un equipo de diagnóstico para personas, lo cual siempre tiene que estar óptimo ya que son vidas humanas con las que se trata.

3.3 Finalidad y Objetivos de la Actividad

Se procederá a explicar la finalidad y los objetivos de la investigación, que vendrían a ser las soluciones de la problemática.

3.3.1 Finalidad

La finalidad vendría a ser la obtención de un plan estructurado para la verificación de todos los electrocardiógrafos del establecimiento de salud, para ser continuamente utilizado por parte del área Biomédica para un control de estos equipos.

3.3.2 Objetivo General

Implementar un plan de verificación de los electrocardiógrafos en el establecimiento de salud.

3.3.3 Objetivos Específicos

- Analizar las verificaciones rutinarias del funcionamiento de los electrocardiógrafos
- Elaborar las fichas rutinarias de la funcionabilidad de estos electrocardiógrafos
- Diseñar el plan de verificación de los electrocardiógrafos.
- Implementar el plan de verificación de los electrocardiógrafos.
- Comprobación del impacto de la implementación de verificación de los electrocardiógrafos.

3.3.4 Alcance

El alcance de esta investigación brindará información acerca de un método eficaz para poder comprobar la funcionabilidad de los electrocardiógrafos, y esto

permitiría que las áreas de Enfermería, Biomédica y Gerencia puedan ver cómo se pueden implementar diversos planes y sistemas para dar una calidad y seguridad óptima al paciente.

3.4 Metodología

3.4.1 Metodología Aplicada

Más que una metodología, este informe se basará a una investigación aplicada, debido a que se busca encontrar un método que nos permitirá lograr objetivos concretos. (Ministerio de Educación del Perú, 2017)



Figura 2. Fases de investigación aplicada.
Fuente: Ministerio de Educación del Perú

3.4.1.1 Planeación

En esta fase se inicia el planteamiento del tema y a la vez se realiza una investigación de antecedentes y una metodología con el plan a llevar a cabo.

3.4.1.2 Ejecución

En la ejecución se aplica la metodología y el plan de acción con el objetivo de desarrollar la solución al problema.

De igual forma se recolecta información y se describen los sucesos ocurridos durante la ejecución.

3.4.1.3 Publicación de Resultados

En esta fase se hace el análisis de la información para posteriormente ser redactada.

Los resultados de la investigación pueden ser presentados en forma de artículos científicos, tablas, tesis o en patentes de invención en caso de ser requerido.

3.4.2 Bases teóricas

El Hospital San Juan de Lurigancho (2009) estableció un “Plan de Mantenimiento del Equipamiento Biomédico”, en donde dieron como recomendación la elaboración y ejecución del Programa de Mantenimiento Preventivo del Equipamiento Biomédico en base a su Inventario Físico Funcional realizado, y que se viene estableciendo desde enero del año 2009, el cual es supervisado, monitoreado y ejecutado por el personal especializado propio de la institución.

Esto se realiza debido a que numerosas instituciones de salud en el país no tienen la cultura de realizar mantenimiento preventivo a los equipos médicos, lo que podría conllevar a las mismas a realizar actividades imprevistas generándose días de paralización en el área usuario y, por ende, pérdidas económicas a la institución.

El Programa de mantenimiento preventivo se basa en la ejecución periódica de actividades tales como:

- Calibración
- Inspección o Verificación

- Pruebas de operatividad y funcionamiento
- Limpieza
- Lubricación (Tena, Crispín, Campos, & Castañeda, 2009)

El Instituto Nacional Materno Perinatal elaboró un Plan de Mantenimiento de Equipos Biomédicos (2011), el cual establece varias pautas en la implementación del mismo, entre la que destacan:

- Diagnóstico situacional de la gestión del Mantenimiento biomédico existente.
- Elaboración de un inventario técnico funcional y una base de datos del equipamiento biomédico.
- Puesta en marcha del plan de mantenimiento preventivo del equipamiento biomédico y todo lo que conlleva su realización.
- Reportes continuos de la realización de los mantenimientos preventivos.
- Adquisición de instrumentos para verificación del equipamiento biomédico e instalaciones, para un mejor control y calidad de estos mismos. (Paz, Mezarina, & Ramírez, 2011)

El trabajo de Graduación presentado a la Universidad de San Carlos de Guatemala, elaborado por Julio Robles Palma (2009), titulado “Propuesta de un Plan de Mantenimiento para el área de Pediatría en el Hospital General San Juan de Dios”, realizado para optimizar la calidad de los equipos biomédicos en dicho establecimiento para dar un mejor servicio a los pacientes, y describir un plan de rutina para mantenimiento propuesta para un electrocardiógrafo, estableciendo así un control e inspección de dicho equipo para corroborar su correcta funcionabilidad. (Robles, 2009)

3.4.3 Marco conceptual

Para iniciar la ejecución del proyecto, es necesario tener la noción básica sobre los electrocardiógrafos, y para eso se explicará una breve historia de la creación

de dicho equipo, así como su definición. Además, también se hará la definición del electrocardiograma.

Finalmente, también se explicarán algunas características de carácter técnico y de carácter fisiológico para poder entender mejor ambas definiciones.

3.4.3.1 Historia del Electrocardiógrafo

En el año 1842, el físico italiano Carlo Matteucci mostró como cada latido cardíaco está acompañado de una corriente eléctrica, dando por iniciado diversas investigaciones, a base de instrumentos y potenciales eléctricos en el corazón, hasta que, en 1897, el fisiólogo británico Augustus D. Waller publica su primer electrocardiograma humano.

En el año 1890, el fisiólogo Willem Eithoven se junta con Waller y explican la técnica en el Primer Congreso de fisiólogos.

En 1893, Eithoven introduce el término “Electrocardiograma” y durante los siguientes años, a través de electrómetros y galvanómetros, se fueron mejorando las deflexiones y la amplificación, hasta que en 1902 publica el primer electrocardiograma realizado por un galvanómetro de cuerda

Finalmente, en 1908, el fisiólogo escocés Edward Schafer adquiere el primer galvanómetro de cuerda para uso médico, lo que se considera el primer electrocardiógrafo para dicho uso. (Valle, 2001)

3.4.3.2 Electrocardiograma

El electrocardiograma (ECG O EKG) es el registro de actividad eléctrica del corazón medida normalmente entre dos superficies del cuerpo. Refleja la propagación de la despolarización y repolarización eléctricas de las diversas cámaras contráctiles del corazón (Guerrero, 2010). Al ser la actividad de las cámaras cardíacas rítmica y totalmente coordinada, la forma de onda obtenida

es regular. En ella se reconocen fácilmente diversas ondas cuyas amplitudes, duraciones y morfología están bien definidas.

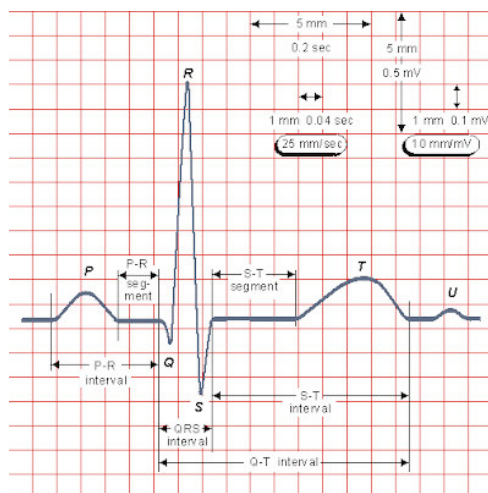


Figura 3. Ondas características de un ECG

Fuente: Luis Barragán Blog spot

Onda P: Comienzo del ciclo cardíaco y su duración oscila entre 0.09 s y 0.11 s. Posee 0.25 mV de amplitud máxima.

Intervalo P-R: Es el espacio comprendido entre la culminación de la onda P y el inicio del complejo QRS y su duración oscila entre 0,11 s y 0,20 s.

Complejo QRS: Representa la despolarización eléctrica del miocardio y constituye el pico más elevado de la señal. Con frecuencia el complejo QRS tiene las ondas separadas: Q, R y S, aunque no siempre ocurre así; su duración oscila entre 0,07 s y 0,11 s. La onda R llega a alcanzar alrededor de 1,60 mV; mientras que la Q es cerca del 25 % de la amplitud de R.

Intervalo Q-T: Su duración oscila entre 0,35 s a 0,44 s.

Segmento ST: Período comprendido entre la culminación del complejo QRS y el inicio de la onda T y su duración oscila entre 0,05 s a 0,15 s.

Onda T: Posee igual polaridad que el complejo QRS alcanzando entre 0,1 a 0,5 mV, su duración es de 0,20 segundos o menos y representa la repolarización de

los ventrículos. Las ondas T negativas pueden ser síntomas de alguna enfermedad. (Sánchez, 2019)

Los valores normales en duración y amplitud de los parámetros del electrocardiograma se observan en las siguientes tablas:

Tabla 1: Onda Cardíaca y su amplitud en mV

Onda	Amplitud
P	0.25 mV
R	1.60 mV
Q	25 % menor de la R
T	0.1 – 0.5 mV

Tabla 2: Onda Cardíaca y su duración normal en segundos

Onda	Amplitud
P-R	0.12 – 0.2 s
Q-T	0.35 – 0.44 s
S-T	0.05 – 0.15 s
Onda P	0.11 s
QRT	0.09 s

Los valores normales de frecuencia cardíaca en un adulto en reposo oscilan entre los 60 y 75 lpm, y en un adulto en actividad física pueden oscilar entre 180 a 200 lpm. Cuando los valores de frecuencia cardíaca son anormalmente bajos, se les llama frecuencia de bradicardia, y cuando son anormalmente altas se les llama frecuencia de taquicardia. (Sánchez, 2019)

Por esto y adicionalmente, la gráfica del electrocardiograma permite detectar problemas cardíacos, incidentes congénitos del miocardio, enfermedades de válvula cardíaca, arritmias, taquicardia o bradicardia, trastornos de la arteria coronaria y cambios en el número de electrolitos. (Sánchez, 2019)

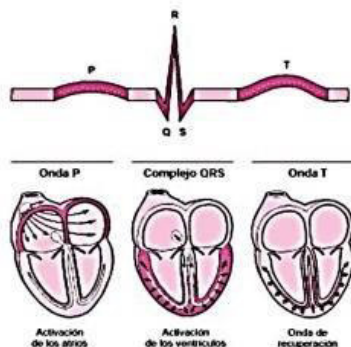


Figura 4. Forma característica de la señal cardíaca y su conducción eléctrica.

Fuente: Diseño y Desarrollo de un Dispositivo de Telemonitoreo de Señales Cardíacas en Tiempo Real mediante Telefonía Móvil, para el Seguimiento Médico de Pacientes con Cardiopatías Leves

Derivaciones:

Las corrientes iónicas, debidas a los potenciales de acción asociados a la actividad cardíaca, circulan por el tórax produciendo una distribución de potenciales superficiales que, en primera aproximación, es similar a la debida a un dipolo de corriente situado en el hipotético centro del corazón. La dirección y magnitud de dicho dipolo va cambiando a lo largo del ciclo cardíaco. Su momento dipolar constituye el denominado vector cardíaco. (Mompín, José, 1988)

La señal obtenida al medir el ECG depende de la localización de los electrodos, lo cual se ha normalizado. Cada par de electrodos o combinaciones entre ellos se denomina derivación, y el potencial obtenido entre ellos es la proyección del vector cardíaco en la dirección que definen. Aunque para poder determinar un vector basta conocer su proyección en tres direcciones distintas, en la electrocardiografía se suele recurrir a la medida de 12 derivaciones en los planos frontal y transversal, y así mejorar el diagnóstico. (Mompín, José, 1988)

Las tres primeras derivaciones son las denominadas estándar o bipolares (I, II, III). Fueron introducidas por Eithoven en 1912, basándose en un modelo que considera el corazón situado en el centro de un triángulo equilátero en el plano

frontal, y una conducción eléctrica uniforme en todas direcciones. Los electrodos se sitúan uno en cada muñeca y el otro en la pierna izquierda, a la altura del tobillo, que está aproximadamente a la vertical del corazón, o en puntos equivalentes. El electrodo en la pierna derecha funciona como polo a tierra.

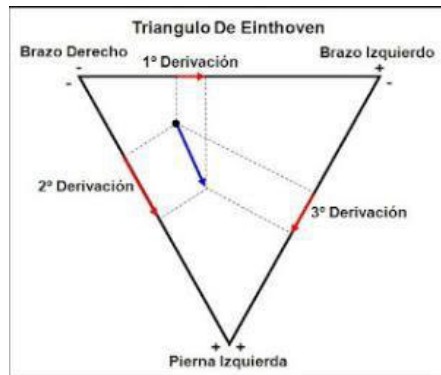


Figura 5. Triángulo de Eithoven – Vector Cardíaco
Fuente: Diagnosticox – Blog

En estas derivaciones la onda R es positiva en un caso normal y tiene su máxima amplitud en la derivación II.

La derivada I se obtiene a partir de los electrodos localizados en el brazo izquierdo y derecho encontrándose el brazo izquierdo a un potencial positivo y el brazo derecho a un potencial negativo. En el caso de la derivación II se obtiene a partir de los electrodos ubicados en la pierna izquierda y el brazo derecho, encontrándose la pierna izquierda a un potencial positivo y el brazo derecho a un potencial negativo. La derivación III se obtiene de los electrodos localizados en la pierna izquierda y brazo izquierdo, la pierna izquierda se encuentra a un potencial positivo, y el brazo izquierdo a un potencial negativo. (Mompín, José, 1988)

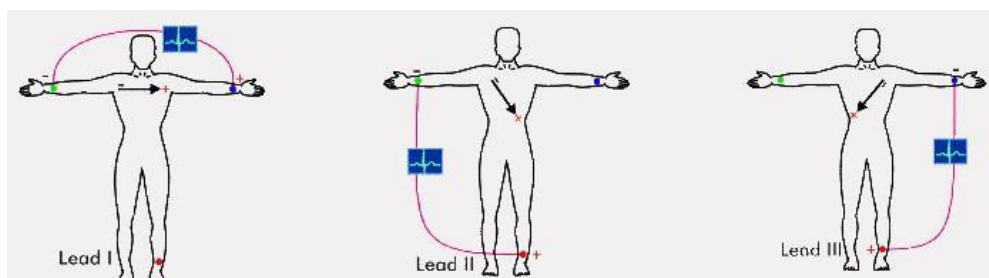


Figura 6. Polaridades y Conexiones de las derivaciones bipolares
Fuente: Dalcame – Grupo de Investigación Biomédica

La conexión de los tres electrodos anteriores mediante resistencias respectivas a un punto común, permite obtener en éste un promedio de los tres potenciales, y constituye el denominado terminal central de Wilson. La medida entre cada uno de los electrodos y este terminal forma las denominadas derivaciones unipolares a las extremidades (VL-Brazo Izquierdo, VR-Brazo Derecho Y VF-Pierna Izquierda). (Mompín, José, 1988)

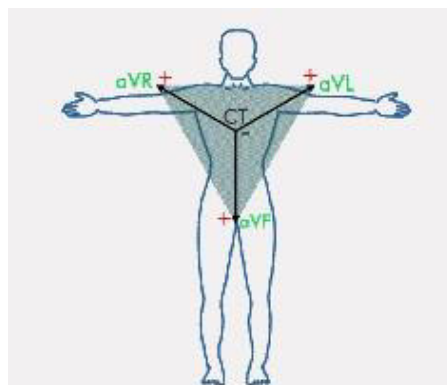


Figura 7. Derivaciones Aumentadas y Terminal Central de Wilson
Fuente: Dalcame – Grupo de Investigación Biomédica

Si la medida se hace entre un electrodo y el promedio de los otros dos, se obtiene una amplitud del 50% mayor. Se denominan entonces derivaciones unipolares aumentadas (aVL, aVR y aVF) las cuales son tres de las empleadas habitualmente. (Mompín, José, 1988)

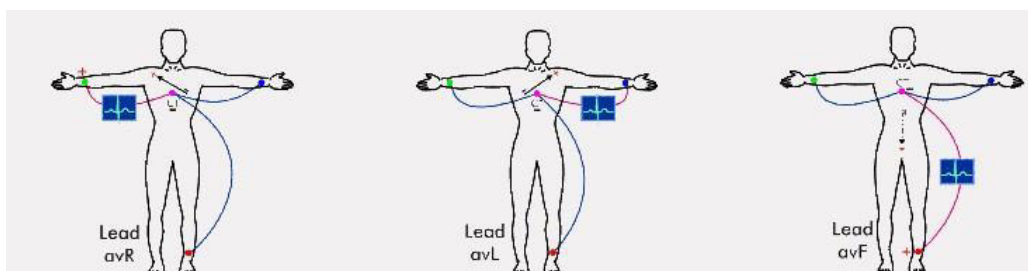


Figura 8. Representación de Derivaciones Aumentadas
Fuente: Dalcame – Grupo de Investigación Biomédica

Las direcciones que definen están intercaladas entre las derivaciones estándar, por ello obteniendo con estas 3 derivaciones aumentadas junto con las bipolares simultáneamente se puede determinar de manera rápida la dirección del vector cardíaco en el plano frontal, a base de ver cuál de ellas tiene la mayor amplitud. (Mompín, José, 1988)

En resumen, en la derivación aVR se observa el potencial del brazo derecho con respecto a un punto nulo que se obtiene de la unión de los cables del brazo izquierdo y de la pierna izquierda.

La derivación aVL muestra el potencial que se registra en el brazo izquierdo, respecto a una conexión realizada por la unión de los cables del brazo derecho y de la pierna izquierda.

En la derivación aVF se registra el potencial del pie izquierdo, con respecto al punto de unión entre los cables de los brazos derecho e izquierdo. (Vega, 2012)

Las 6 derivaciones restantes son también unipolares y se miden entre cada uno de seis puntos del pecho, bien definidos, y el terminal central de Wilson. Son conocidas como las derivaciones precordiales (V1, V2, V3, V4, V5, V6). Estas derivaciones ya dan respuesta en el plano transversal. (Mompín, José, 1988)

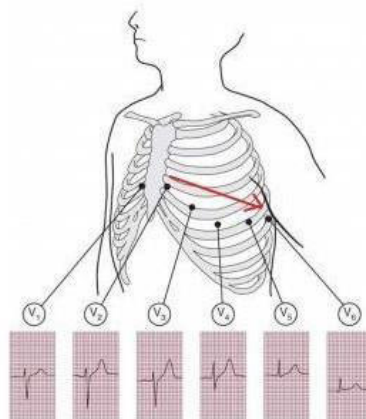


Figura 9. Representación de Derivaciones Unipolares
Fuente: Elena Plaza - Urgencias y Emergencias

Para la monitorización se prefieren derivaciones poco propensas a desprendimientos de los electrodos o movimientos de los cables, por lo que suelen disponerse en el pecho y se debe tener cuenta que tienen que estar en las siguientes posiciones:

V1: 4º espacio intercostal con línea paraesternal derecha.

V2: 4º espacio intercostal con línea paraesternal izquierda.

V3: Equidistante entre V2 y V4.

V4: 5º espacio intercostal con línea medio clavicular izquierda.

V5: 5º espacio intercostal con línea axilar anterior izquierda.

V6: 5º espacio intercostal con línea axilar media izquierda.

El Electrocardiograma se emplea como señal para el diagnóstico y monitorización, por lo que se necesita un registro gráfico.

Los parámetros considerados para analizar la señal normalmente de forma empírica son el ritmo y su uniformidad, y la presencia, amplitud, forma y separación de las distintas ondas. Las amplitudes estarán asociadas directamente al estado de las células del miocardio, mientras que los tiempos vienen condicionados por las células nerviosas. Es por esto muy importante no

alterar los parámetros durante la medida, ya que, de lo contrario, se pueden producir errores de interpretación por parte de los médicos, cardiólogos, entre otros especialistas. (Mompín, José, 1988)

3.4.3.3 Electrocardiógrafo

Un electrocardiógrafo es el equipo encargado de captar y ampliar los impulsos eléctricos del corazón a través de una serie de electrodos, dando como resultado un electrocardiograma, el cual es el registro continuo de dichos impulsos eléctricos.

La función del electrocardiógrafo para diagnóstico clínico, se basa en la conexión de una serie de electrodos en las extremidades superiores, inferiores y en seis posiciones precordiales situadas en el tórax, ya que estos son los responsables de captar las señales eléctricas del corazón.

El electrocardiógrafo se puede utilizar para medir:

- Daños del corazón
- Latidos/ palpitaciones anormales
- Tamaño y posición de las cámaras del corazón
- Efectos de fármacos y/o dispositivos utilizados para controlar el corazón

Se pueden dividir en electrocardiógrafos de 1,3,6 y 12 canales.

Son importantes en diversas áreas de un establecimiento de salud, como en Hospitalización, Cardiología/Hemodinamia, Emergencias y Unidad de Cuidados Intensivos. Se utilizan para saber el estado del paciente al ingreso, evolución, y particularmente en toma de diagnóstico para un tratamiento adecuado del paciente, sobre todo en temas de cardiopatías.

Para el registro del ECG se ha permitido establecer unos parámetros mínimos que debe cumplir el electrocardiógrafo, según normativa AAMI (Godoy):

Tabla 3. Características establecidas para un electrocardiógrafo

Elemento	Valor
Impedancia de Entrada (Electrodo – Tierra)	$> 5M\Omega$ (Impedancia de electrodo a piel $< 30 K\Omega$)
Ganancia	5,10,20 mm/mv
Velocidad (Papel)	25 – 50 mm/s
Respuesta en Frecuencia	Banda de ± 0.5 dB en rango de frecuencia de 0.14 a 25 Hz.
	Con atenuación inferior a 3 dB a 100 Hz
Protección a Paciente	Corriente a través del paciente menor a $1 \mu A$

También se recomienda que se pueda aplicar una señal de 1mV a la entrada para la calibración de ganancia. (Mompín, José, 1988)

Ya en el electrocardiógrafo, para el registro de las 12 derivaciones habituales, se mide una derivación cada vez, o bien se hace de tres en tres si se dispone de este número de canales de registro. El equipo incorpora para ello un conmutador de selección. La conexión al paciente se hace mediante 5 o 10 hilos de colores distintos, conectado cada uno a un electrodo, tres para las derivaciones a las extremidades, uno o seis para las derivaciones precordiales, y otro para un electrodo de referencia, conectado a la pierna derecha por lo general.

El electrocardiógrafo necesita de accesorios fundamentales para su uso, que son los cables de electrocardiografía para paciente y los electrodos, ya que a través de ellos se capta la señal del paciente. El cable posee 10 ramales que usan como transductor a los electrodos, ya que representan gráficamente el ritmo cardiaco de los pacientes.

3.4.3.3.1 Cable de Paciente

Su función principal es la de llevar las señales captadas por los electrodos hacia el equipo. Este cable tiene un conector tipo banana de 4mm, un conector DB15 para ser conectado al equipo, y los colores de acuerdo a las normas IEC Y AAMI.

Existen una gran variedad de cables para ECG, de los que generalmente se utilizan unos que poseen blindaje para evitar interferencias electromagnéticas (EMI), y además poseen una resistencia de 10K para evitar que circulen hacia el paciente corrientes parasitas. (Guerrero, 2010)

Posición Electrodo	Color
Brazo Derecho	
Pierna Izquierda	Rojo
Brazo Izquierdo	Negro
Pierna Derecha	Verde
V1	Rojo
V2	Amarillo
V3	Verde
V4	Azul
V5	Naranja
V6	Púrpura

Figura 10. Código de Colores Cable a paciente – americano
Fuente: Diseño y Construcción de un electrocardiógrafo de 12 derivaciones para el análisis de señales cardiacas.

3.4.3.3.2 Electrodo

Es la interfaz entre el cuerpo humano y en este caso el electrocardiógrafo en los que van a circular una pequeña corriente, los electrodos convierten en señal bioeléctrica las corrientes iónicas generadas por el cuerpo humano y viceversa. Así cumplen la función de un transductor. Esta señal será la entrada a la instrumentación electrónica. (Godoy) (Guerrero, 2010)

En los electrodos se dan reacciones de oxido-reducción, las cuales suceden cuando un metal entra en contacto con un electrolito, los iones metálicos entran en la solución, y los iones del electrolito se combinan con los electrones metálicos, obteniéndose como resultado una distribución de cargas, que se lo

denomina potencial de media celda o potencial característico de equilibrio, cuando no circula corriente por el electrodo. (Guerrero, 2010)

Estos instrumentos tienen que cumplir con las siguientes características:

- Transformar corrientes con poca pérdida de información
- Higiénicos
- No produzca efectos secundarios en el paciente
- Potencial de contacto estable y pequeño
- Baja impedancia
- Duradero en el tiempo

Al tomar biopotenciales de la superficie de la piel se debe considerar una interfaz adicional, la interfaz entre el electrodo-electrolito y la piel, esto ayuda a comprender el comportamiento del electrodo. Casi siempre para unir un electrodo a la piel se utiliza un gel para electrodos transparente.

La piel consiste de tres capas principales que rodean el cuerpo para protegerlo de medio ambiente y también sirven como interfaces. Para representar la conexión entre un electrodo y la piel por medio de un gel se puede representar en un circuito.

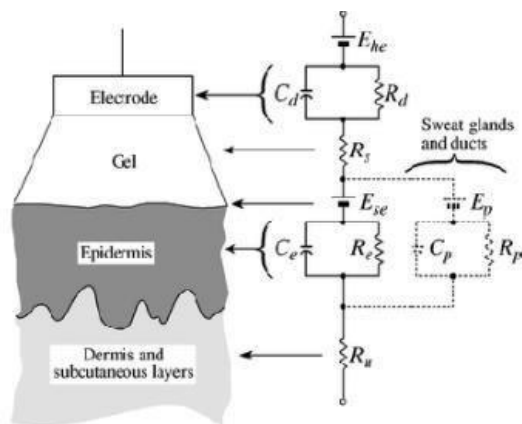


Figura 11. Modelo Electrodo – Piel

Fuente: Diseño y construcción de una plataforma de telemedicina para el monitoreo de bioseñales

Del modelo equivalente visto R_s representa el efecto que tiene el gel entre el electrodo y la piel, el efecto de las glándulas de sudor y el sudor es representado por R_p y C_p . La Capa epidérmica también tiene una impedancia eléctrica y se comporta con un circuito RC en paralelo.

3.4.3.3 Descripción de partes internas del electrocardiógrafo

Se propondrá dos perspectivas para la descripción del electrocardiógrafo.

El primero es basado en el esquema de diagrama de bloques que conforman las partes necesarias para la elaboración de un electrocardiógrafo en general, que está basado en las siguientes partes:

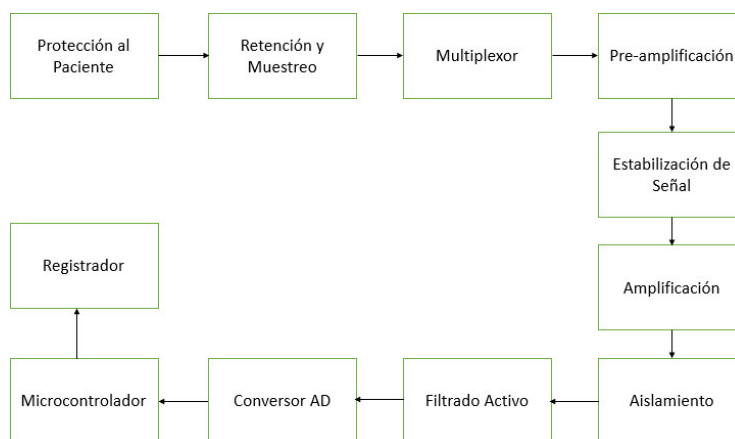


Figura 12. Conformación de un electrocardiógrafo
Fuente: Elaboración Propia

Protección al paciente

El circuito de medición de biopotenciales cuenta con un sistema que garantiza la seguridad del paciente, en caso de cortos o daños en el equipo biomédico. Cualquier voltaje o corriente que aparezca a través de los electrodos es capaz de afectar el biopotencial que se esté midiendo y generar desbalances en los potenciales internos del paciente, pudiendo provocar desordenes en el normal

funcionamiento de las células afectadas. Este circuito tiene que limitar el voltaje y la corriente y proteger el equipo.

Muestreo y Retención

Los circuitos de muestreo y retención, o, en inglés, Sample and Hold (S&H), son circuitos en los que el voltaje de salida sigue a la entrada durante intervalos de tiempo que reciben el nombre de tiempo de muestreo (t_s), y durante otros intervalos de tiempo, que reciben el nombre de tiempo de retención, t_h , la salida mantiene de forma constante el último valor presente en la entrada en el instante en que se realizó la transición de muestreo a retención.

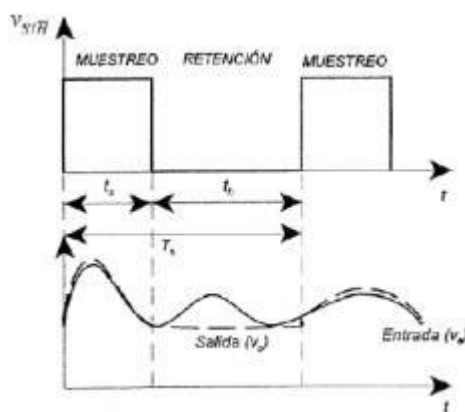


Figura 13. Tiempos de Retención y Muestreo

Fuente: Diseño y construcción de una plataforma de telemedicina para el monitoreo de bioseñales

Su circuito consiste generalmente en un interruptor para retener y muestrear durante un intervalo de tiempo mínimo, un condensador que se carga durante ese tiempo y mantiene el nivel de la señal durante el tiempo en que el multiplexor cambia a la siguiente derivación, y un amplificador operacional en configuración seguidora de tensión, que proporciona una alta impedancia para que tarde mucho en descargarse el condensador.

Multiplexor

El multiplexor análogo permite seleccionar las señales provenientes de los electrodos y colocarlos en la entrada del preamplificador. El multiplexor es controlado por el microcontrolador y tiene una baja resistencia de canal (30Ω), una conmutación rápida (tiempo de encendido 75ns, tiempo de apagado 45ns máximo) y es compatible con señales TTL y CMOS.

Preamplificador

En esta etapa se realiza una pequeña preamplificación de la señal electrocardiográfica. No se debe utilizar ganancias altas porque se puede saturar los amplificadores de instrumentación, ya que al amplificar la señal también se puede amplificar el ruido presente en la misma y no obtener una adecuada señal al final del proceso.

El principal objetivo de utilizar estos amplificadores es eliminar o rechazar la señal común, estos amplificadores de instrumentación conjuntamente con el electrodo de la pierna derecha disminuyen en gran manera el ruido presente en la señal ECG Salida simple y entrada diferencial.

- Alto rechazo a la señal de modo común.
- Alta impedancia de entrada: La impedancia de entrada del amplificador deber ser alta para evitar errores de carga y la transformación de señales de modo común a modo diferencial.
- Ganancia apropiada según la aplicación.
- Respuesta en frecuencia: El amplificador ha de filtrar paso alto la señal de ECG para eliminar el potencial de contacto de los electrodos y sus derivas con el tiempo. La señal se debe filtrar también paso bajo para limitar la banda de señal y reducir el ruido. El ancho de banda del amplificador deber ser suficientemente grande para poder reproducir de forma precisa el

complejo QRS del ECG, que es el que tiene mayor contenido de frecuencias.

- Bajo Voltaje Offset.
- Bajas corrientes de polarización de entrada.
- Circuito de protección contra sobre voltajes.

Además de preamplificar la señal Electrocardiográfica, también se debe incluir el circuito de Pierna Derecha. El circuito de pierna derecha RF, produce un punto de referencia, normalmente el común del circuito de entrada, a la vez que propicia un camino de baja impedancia para drenar la interferencia, antes de que alcance el amplificador, la cual es su función.

Estabilizador de señal

Uno de los principales problemas que se tiene en el registro de un ECG es el corrimiento de la línea de base producido por causas tan variadas como movimientos involuntarios del paciente, polarización de los electrodos por un mal contacto, fluctuaciones de temperatura, etc. Esto dificulta una buena estabilidad de la señal registrada, por lo que contar con un sistema de compensación de offset es necesario.

Amplificador de Instrumentación

La señal obtenida hasta ahora necesita ser manipulada para que alcance una amplitud comprendida entre 0 y 5 V, para poder ser digitalizada con el conversor Análogo - Digital, que acepta como entrada sólo señales que estén comprendidas entre esos valores. Para el registro de señales Electrocardiográficas es necesario cubrir varias necesidades simultáneamente tales como: alta ganancia, alta impedancia de entrada, acoplamiento de corriente alterna para suprimir el potencial de desajuste de los electrodos, reducción de interferencia y en algunos casos, bajo ruido es requerido.

Este circuito debe elevar el nivel de la señal de una manera que pueda ser registrada por el dispositivo de salida. Su entrada tiene acoplamiento para AC de manera tal que los voltajes de offset amplificados por la etapa anterior son eliminados, a fin de evitar la saturación de esta etapa. Esta amplificación es realizada de manera automática desde el microcontrolador. También incluye el control de offset para ajustar la línea base y finalmente pueda ser aislada electrónicamente la señal.

Aislamiento

Esta etapa aísla eléctricamente al paciente de cualquier corriente de retorno generada por el circuito de la tarjeta y genera suficiente amplificación para incrementar los valores de potencial de las señales Electrocardiográficas a rango de voltajes adecuados para ser procesados por los dispositivos electrónicos.

Filtrado Activo

Las señales Electrocardiográfica viene sumergida en inmensa cantidad de ruido, para atenuar el efecto de esta interferencia se filtra la señal. Los filtros son circuitos que permiten el paso de una determinada banda de frecuencias mientras atenúan todas las señales que no estén comprendidas en esta banda. En esta etapa se toman en cuenta básicamente dos consideraciones: la interferencia y el ancho de banda. La interferencia en la señal del ECG se origina principalmente por la línea de corriente alterna de 60 Hz, electrodos indebidamente fijados, resequedad en la pasta electrolítica y otros, siendo la interferencia de la línea de corriente alterna la que destaca entre ellas, sin ser su presencia sino sus efectos los que deben eliminarse. Según la Asociación americana de Electrocardiografía se requiere un ancho de banda de 0.05 Hz a 100 Hz.

Convertidor Analógico-Digital

Es la etapa que se encarga de recibir la señal del electrocardiograma previamente amplificada y filtrada. Se encarga de digitalizarla, y de enviarla a través de un canal de comunicaciones. Debido a estándares internacionales, se requiere que el conversor que maneje esta etapa debe tener por lo menos 10 bits de resolución, y la posibilidad de transmitir los datos a través de puertos serie y/o USB.

Para hacer el proceso de conversión digital de la señal del electrocardiograma, se deben tener en cuenta la frecuencia a la que se va a muestrear la señal, el tiempo de conversión mínimo del convertidor A/D y el tiempo que tarda el dispositivo de almacenamiento en registrar una muestra de señal.

Debido a estos aspectos es necesario un dispositivo electrónico que permita integrar diferentes tipos de tecnologías y realizar tareas como controlar los tiempos de conversión y almacenamiento de la señal ECG y comunicación con el computador.

Microcontrolador

Sus funciones son

- Comunicación con el conversor análogo – Digital.
- Control de la etapa de retención y muestreo.
- Selección de la derivación a adquirir por medio de los multiplexores.
- Control de la ganancia del amplificador de instrumentación con ganancia digital.
- Envío de datos al microcontrolador multi-maestro.

En resumen, es el encargado de controlar los modos de operación y cada procedimiento del electrocardiógrafo.

Registrador:

Es el encargado de imprimir mediante papel térmico la señal del electrocardiógrafo.

La segunda perspectiva es a base a lo que se puede especificar visualmente y en manuales de servicio de diversos electrocardiógrafos.

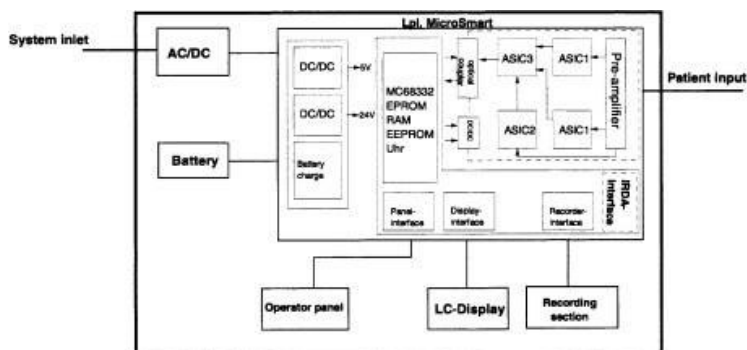


Figura 14. Diagrama de Bloques Electrocardiógrafo MAC 500
Fuente: Manual de Servicio Electrocardiógrafo MAC 500

Generalmente se puede observar el sistema basado en el Panel de Operación, el Display, la sección de guardado, la batería, los convertidores AC/DC, y la tarjeta MicroSmart, que vendría a ser el microcontrolador/CPU del equipo. Algo que se puede observar también visualmente en el desarmado de un electrocardiógrafo en general.



Figura 15. Partes visuales de un electrocardiógrafo

Fuente: Elaboración Propia

Las partes internas visualizadas son:

- Transformador (17.2 V)
- Tarjeta MAINBOARD (Tarjeta Principal)
- Tarjeta de Interfase (Puerto de Ingreso a cable paciente)
- Cabezal Térmico (Impresión)

Esto es lo que conforma un modelo en específico de EKG, que permita generar todos los procedimientos para realizar un electrocardiograma, función de memoria, alimentación de batería, interfases externas e impresión de exámenes.

3.4.3.3.4 Interferencias en señal del ECG

Los artefactos electrocardiográficos se definen como alteraciones electrocardiográficas, no relacionadas con la actividad eléctrica cardíaca

Por estos, la línea base y las ondas pueden presentar distorsiones. (Pérez-Riera & Barbosa-Barros, 2017)

Estas pueden ser debido a interferencias por red eléctrica. Esta interferencia afecta a la señal ECG, pudiendo distorsionar la forma de onda original de esta,

consiste en una señal de 60Hz o 50Hz que es la frecuencia de la red eléctrica, conjuntamente con sus componentes armónicos, la amplitud de esta interferencia es superior al 50% de la amplitud pico a pico de la señal ECG. (Vega, 2012)

También errores similares se pueden observar con interferencias electromagnéticas.

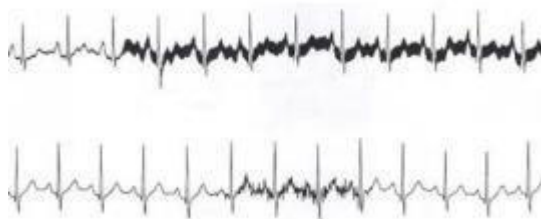


Figura 16. Interferencia por red eléctrica

Fuente: Diseño y construcción de un electrocardiógrafo de 12 derivaciones para el análisis de señales cardíacas

Otra razón puede ser artefactos creados por movimiento o pérdida de contacto entre la piel y el electrodo. El movimiento produce una distorsión o transitorio de la señal ECG, dura entre 100 a 500 ms y su amplitud es del 30% de la amplitud de la señal ECG. La pérdida puede ocasionar un ruido transitorio, durante aproximadamente un segundo, con una frecuencia típica de 60Hz.

También puede estar por el estado de los cables del electrocardiógrafo.



Figura 17. Interferencia por electrodos

Fuente: Diseño y construcción de un electrocardiógrafo de 12 derivaciones para el análisis de señales cardíacas

Otros casos pueden ser por movimiento del paciente, sea respiración u otro.
(MedEm CDS Medicina de Emergencias Costa del Sol, 2017)



Figura 18. Desviación línea base
Fuente: Nihon Kohden

Otro puede ser por ruido muscular, sea frio o nervios.

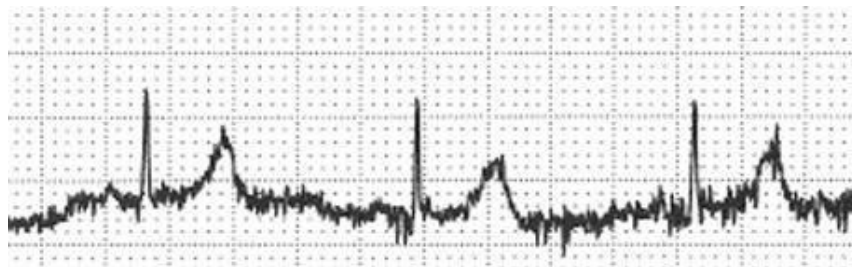


Figura 19. Interferencia por ruido muscular
Fuente: Nihon Kohden

3.5 Procedimiento

A continuación, se procede a implementar la metodología en nuestro trabajo de suficiencia.

3.5.1 Planeación

En esta etapa se definirán tanto los antecedentes que motivan la necesidad de este proyecto, así como los pasos que se deben realizar para encaminar dicho proyecto, los cuales serían los siguientes:

- Inventario de electrocardiógrafos pertenecientes al establecimiento de salud, según el plan de Gestión.
- Cantidad de verificaciones que debe pasar el electrocardiógrafo durante su tiempo de vida útil.
- Determinación de herramientas y protocolos de pruebas que deben pasar los electrocardiógrafos para determinar si se encuentran operativos.

3.5.1.1 Antecedentes

La acreditación Joint Commission International (JCI) es un proceso en el cual una entidad de salud es evaluada para determinar si cumple con una serie de requisitos elaborados para brindar un servicio con seguridad y calidad.

En otras palabras, el hecho de estar acreditado compromete a la entidad a mantener la seguridad y la calidad en la atención al paciente, contar con un entorno de atención seguro y trabajar permanentemente para la disminución de riesgos, tanto para los pacientes como para el personal que trabaja en la entidad.

Debido a que JCI evalúa tanto la calidad y seguridad del paciente, los equipos médicos que son utilizados, sobre todo, para diagnosticar y tratar a una persona, deben estar en las mejores condiciones, y eso conlleva a crear protocolos para conseguir este fin.

Para esto, el establecimiento elaboró un Plan de Gestión de Equipos médicos para llevar un control de los equipos y que tengan una correcta funcionalidad con el paciente, y a la vez para eso, dicho plan especifica que métodos se efectuarán para lograr estos puntos.

Este Plan de Gestión está basado en un segmento de un documento internacional, llamado “Estándares de acreditación para establecimientos de

Salud”, el cual especifica en dicho segmento la Administración y seguridad de las instalaciones en una entidad de Salud (FMS).

Dicho Plan cuenta con diferentes puntos con relación al manejo de los equipos, los cuales tocaremos los específicos con relación a la implementación de la verificación de operatividad de los electrocardiógrafos, para que los electrocardiogramas siempre muestren resultados acertados.

3.5.1.2 Inventario de equipos médicos

Según el Plan del Establecimiento para Equipos Médicos, se debe contar con un inventario de los equipos de la entidad de salud. Este inventario cuenta con la información de los equipos, se les debe colocar un código para tener registrado y ubicado cada uno. A la vez debe tener un registro físico en el cual se tiene toda la documentación solicitada por la Acreditación Internacional que posee el establecimiento.

3.5.1.3 Verificación del equipo

Dicha verificación también toma como base el Plan del Establecimiento, el cual se realiza según la rigurosidad del equipo médico, y esto se le pone en constancia en su tarjeta de verificación rutinaria, y algunos equipos seleccionados incluso se registra una verificación a la par en un formato adicional del plan de Enfermería.

3.5.1.4 Herramientas y protocolos de pruebas

Para poder comprobar la funcionabilidad de los equipos, generalmente se utilizan tanto herramientas o funciones propias del equipo, según sea el tipo de equipo, o alguna herramienta externa que se posea en el establecimiento, como podría ser un simulador, un analizador, entre otros. Así se podría corroborar mediante un testeo, calibración interna del mismo equipo, o protocolo de pruebas, la funcionabilidad del equipo y así poder confirmarla en la tarjeta de verificación rutinaria ya mencionada.

3.5.2 Ejecución

En esta etapa se explicará el desarrollo de los puntos establecidos en la etapa de Planeación, para finalmente exponer como se realizó el trabajo en cuestión.

3.5.2.1 Inventario de electrocardiógrafos

Se explicará de manera general el correcto procedimiento del ingreso de un equipo nuevo para su posterior inventario. Todo está especificado en el Plan de Establecimiento de Equipos Médicos.

Lo que se hace en primer lugar es el requerimiento del equipo que se necesita para el establecimiento, esto puede ser debido a una baja de un equipo similar por inoperatividad o tiempo de vida útil, o por implementación, sea por creación de una nueva área o por necesidad de mayor cantidad de equipos en un área específica. Esto se crea en el Software establecido por el área de Logística que se utiliza en el establecimiento.

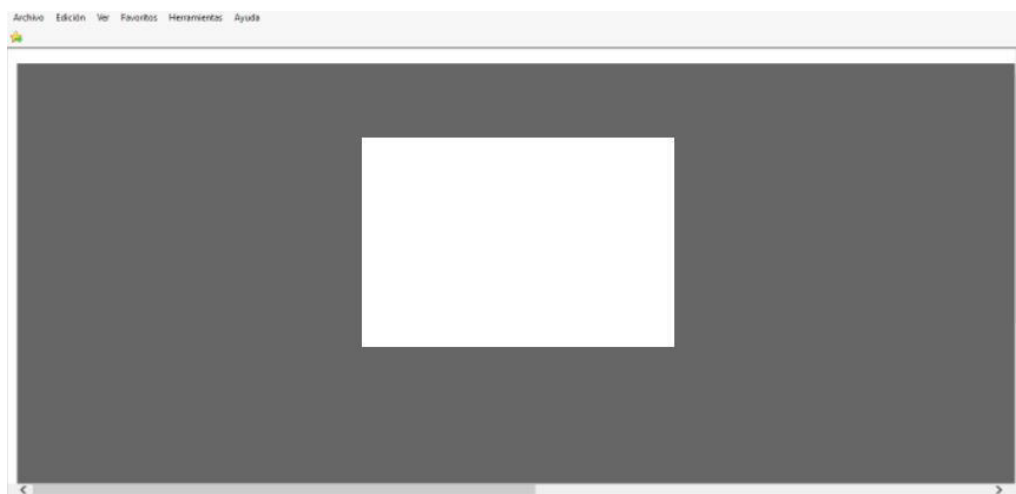


Figura 20. Interfase de Página de Requerimientos del Establecimiento
Fuente: Software del Establecimiento



Figura 21. Interfase de Pedidos de Página de Requerimientos del Establecimiento
Fuente: Software del Establecimiento

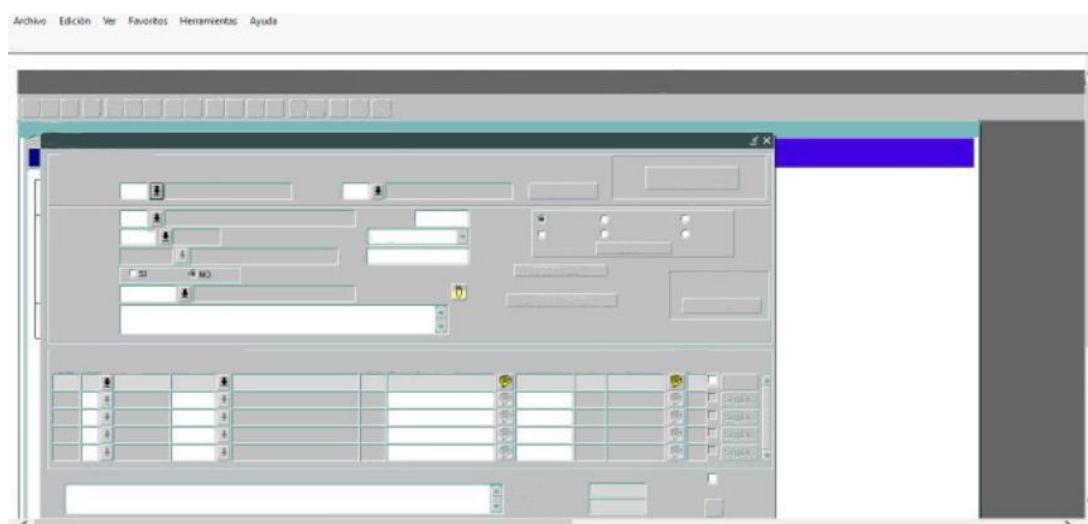


Figura 22. Interfase de Ingreso de Datos de Página de Requerimientos del Establecimiento
Fuente: Software del Establecimiento

Dicho pedido se realiza argumentando las razones de la necesidad del equipo nuevo y las características técnicas. Esto es un trabajo en conjunto entre el área Biomédica y el área Usuaría,

Si el motivo del pedido del equipo fuera por baja, nosotros incluimos en dicho formato las referencias del equipo, que vendrían a ser la marca, modelo y número

de serie. Posteriormente les damos el formato de baja con las firmas indicadas al área Usuaria, para que pueda realizar el requerimiento.

FORMATO DE BAJA DE ACTIVOS		
INFORME DE BAJA		
ÁREA QUE SOLICITA:		LUGAR:
CÓDIGO:		
ITEM:		
CARACTERÍSTICAS DEL ITEM:		
MOTIVO DE BAJA:		
BIOMEDICO	AREA USUARIA	JEFE DE MANTENIMIENTO
AREA ADMINISTRATIVA	FECHA Y OBSERVACIÓN	

Figura 23. Formato de Informe de Baja
Fuente: Elaboración Propia

Se describen estas referencias ya que con estas se puede hallar el manual del equipo, y así obtener algunas características técnicas fundamentales y se pueda hacer el requerimiento del equipo que se necesita. Adicionalmente, si el área de logística lo demanda, se puede coordinar con una entidad externa que pueda realizar la baja del equipo, dependiendo de la rigurosidad y costo del equipo.

Si fuera el caso de implementación, les brindamos las características técnicas a través del manual o brochure del equipo que necesite el área usuaria, y así los especifiquen en el requerimiento.

Ya creado el requerimiento, este entra al departamento de Compras y Logística de la red del establecimiento, hasta que finalmente realizan la creación de la Orden de Compra del equipo, ya habiendo hecho evaluación de cotizaciones con

diversos proveedores, previa consulta con el área biomédica y mantenimiento, o dirección médica si lo amerita.

En dicha Orden destacan el precio, fecha de entrega y empresa acreedora de la venta.

Proveedor : Teléfono : Dirección : Atención :		Condición de Pago Lugar Entrega Fecha Entrega Hecho por Revisado Por Observación					
Item	Código	Productos	Cantidad	Und.	Valor Unitario	Valor Total	AFECTO

Figura 24. Formato de Orden de Compra del Establecimiento
Fuente: Software del Establecimiento

Apenas llega el equipo al departamento de Logística de la entidad de salud, se realiza el llamado al área de Biomédica para realizar la revisión del equipo, y que todo lo descrito y solicitado en la Orden de Compra se encuentre en lo que especifica la Guía de Remisión del Proveedor.

Las pruebas características que se realizan al equipo vendrían a ser:

- Evaluación física del equipo y accesorios.
- Prueba de operatividad del equipo, incluyendo los accesorios que vengan con el equipo.

Apenas todas estas pruebas pasen de manera satisfactoria, se procede a dar el visto bueno para su instalación en el área donde disponga el establecimiento, y a la par se recogen los documentos necesarios para la elaboración de la ficha

técnica del equipo y su file respectivo. Estos documentos están especificados en el plan y vendrían a ser los siguientes:

- Factura y/o Orden de Compra
- Guía de Remisión
- Certificado de Garantía
- Registro Sanitario
- Manual Usuario del Equipo
- Otros documentos opcionales (Brochure del equipo, manual técnico del equipo)

Antes de que el equipo ingrese al área donde será utilizado, se procede al armado y una prueba de operatividad adicional. Finalmente se procede con la colocación de su tarjeta de mantenimiento preventivo y sticker correspondiente, y así ya recién poder ser utilizado.

Tarjeta de Mantenimiento Preventivo			
Equipo Médico: _____			
Área: _____			
Marca: _____		Periodicidad: _____	
Modelo: _____			
N° Serie: _____			
Código: _____			
FECHA	ACTIVIDAD	BIOMÉDICO	OBSERVACIÓN

Figura 25. Formato de Tarjeta de Mantenimiento Preventivo
Fuente: Elaboración Propia

Esto se debe realizar con todos los equipos del establecimiento, y estar registrado en el inventario general de los equipos médicos propios y terceros del establecimiento.

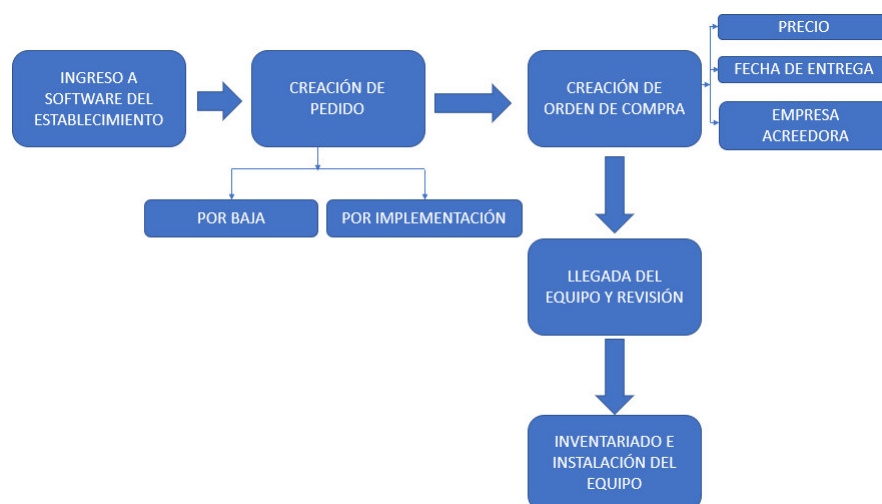


Figura 26. Resumen del Procedimiento de Ingreso de Nuevo Equipo
Fuente: Elaboración Propia

Entonces ya explicado de una manera general, lo que se hace es el requerimiento del electrocardiógrafo cuando hay la necesidad de uno.

Dicho pedido se realiza argumentando las razones de la necesidad del electrocardiógrafo, sea por baja o implementación, especificando sus características técnicas.

Ya creado el requerimiento, entra al departamento de Compras y Logística de la red, hasta que finalmente realizan la creación de la Orden de Compra del electrocardiógrafo, ya realizadas todas las evaluaciones correspondientes con los proveedores.

Apenas llega el equipo al departamento de Logística del establecimiento, nos hacen el llamado para realizar la revisión del electrocardiógrafo, y que todo lo descrito y solicitado en la Orden de Compra sea igual a lo que especifica la Guía de Remisión del Proveedor.

Las pruebas que se realizan al electrocardiógrafo vendrían a ser:

- Evaluación física del equipo, cable de electrocardiógrafo, electrodos, cable de poder y batería.
- Armado y prueba de encendido, directo a corriente y sin corriente (batería)
- Prueba de impresión y DEMO, con el papel térmico compatible con el equipo.

Apenas pasen todas estas pruebas, se procede a dar el visto bueno para su instalación en el área donde disponga el establecimiento, y recojo de documentos necesarios para la elaboración de la ficha técnica y su file correspondiente.

Ya después de pasar estas acciones, se procede a colocar en el equipo su tarjeta y sticker correspondiente, y así ya poder ser utilizado.

Electrocardiógrafo		Caudal		Arreglo		SE 300-B		LCD-025	

Figura 27. Tarjeta de Mantenimiento Preventivo del Electrocardiógrafo
Fuente: Foto Propia

Adicionalmente, cuando el electrocardiógrafo ingresa al área donde será utilizado, se procede al armado y prueba de operatividad.

Cabe recalcar que cuando el electrocardiógrafo ingresa al inventario ya realizado del establecimiento, se procederá a crearse su cronograma de mantenimiento en base al manual y a su fecha de llegada.

Ya teniendo claras estas pautas, se realizará un filtro en el inventario completo del establecimiento para saber la cantidad total de electrocardiógrafos que se tienen en el establecimiento de salud.

Tabla 4. Inventario de electrocardiógrafos del Establecimiento

Código	Equipo	Área	Piso
ECD-018	Electrocardiógrafo	Cardiología	5
ECD-025	Electrocardiógrafo	Cardiología	5
ECD-020	Electrocardiógrafo	Emergencia Adultos	1
ECD-021	Electrocardiógrafo	Emergencia Pediátrica	1
ECD-022	Electrocardiógrafo	Emergencia Adultos	1
ECD-014	Electrocardiógrafo	Hospitalización	2
ECD-011	Electrocardiógrafo	Hospitalización	4
ECD-005	Electrocardiógrafo	Hospitalización	6
ECD-017	Electrocardiógrafo	Hospitalización	6
ECD-019	Electrocardiógrafo	Hospitalización	5
ECD-023	Electrocardiógrafo	Hospitalización	3
ECD-024	Electrocardiógrafo	Hospitalización	6
ECD-013	Electrocardiógrafo	Sala de Partos	5
ECD-004	Electrocardiógrafo	Salud Ocupacional	3
ECD-006	Electrocardiógrafo	UCI	5
ECD-016	Electrocardiógrafo	UCI	5

Este sería el muestreo de los electrocardiógrafos que deben pasar por la verificación descrita en el proyecto, lo cual nos ayudará a un mejor control y reducción de fallas, tanto usuarias y técnicas.

3.5.2.2 Verificación del Electrocardiógrafo

Dicha verificación se basa en el Plan del Establecimiento de Equipos Médicos, el cual se rige según la rigurosidad con la que se debe considerar al equipo médico.

Se dividen en 3 rangos:

- MUY CRUCIAL
- CRUCIAL
- ADMISIBLE

Sobre la asignación de un equipo a cada rango de rigurosidad, se toman ciertos factores para tener una escala de referencia final.

Tabla 5. Factores para asignación de Rango de Rigurosidad de los Equipos Médicos.

Rigurosidad de Equipos Médicos			
N°	Factores	Concepto	Ponderación
1	Utilidad en el Servicio	Detiene la atención al Paciente	4
		Disminuye	2
		No detiene	0
2	Costo	Elevado	3
		Medio	2
		Bajo	1
3	Daños al Paciente	Sí	2
		No	0
4	Repuestos	Importación de Repuestos	2
		Algunos repuestos de Importación y otros en el Mercado Local	1
		Mercado Local	0
5	Mantenimiento	Personal Tercero	2
		Personal Propio	0
6	Reparación	Difícil	1
		Fácil	0

Tabla 6. Escala de Referencia de Rigurosidad

Muy Crucial	Puntaje de 10 a 14
Crucial	Puntaje de 5 A 9
Admisible	Puntaje de 0 A 4

Ya teniendo esto especificado, se hicieron las evaluaciones correspondientes y el electrocardiógrafo se encuentra en el rango de equipos CRUCIALES.

Tabla 7. Escala de Referencia del Electrocardiógrafo.

Equipo	Electrocardiógrafo
Utilidad	2
Costo	2
Daños al Paciente	0
Repuestos	1
Mantenimiento	2
Reparación	1
TOTAL	8
Escala de Referencia	Crucial

Por lo cual, aquí ya entraría en adición a la tarjeta de Mantenimiento Preventivo, una tarjeta de verificación rutinaria, ya que, según el plan y de acuerdo a la rigurosidad del equipo, se le debe realizar dichas inspecciones con ciertas frecuencias. La frecuencia está especificada en:

- MUY CRUCIAL: QUINCENAL (2 VECES AL MES)
- CRUCIAL: MENSUAL (UNA VEZ AL MES)
- ADMISIBLE: NO LLEVA

Por esto, el electrocardiógrafo tendría que pasar por una verificación mensual de funcionamiento, esto se le pondrá y tendrá constancia en dicha tarjeta de inspección.

Tarjeta de Inspección Rutinaria			
Equipo Médico: _____			
Área: _____			
Marca: _____		Periodicidad: _____	
Modelo: _____			
N° Serie: _____			
Código: _____			
FECHA	ACTIVIDAD	BIOMÉDICO	OBSERVACIÓN

Figura 28. Formato de Tarjeta Rutinaria

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente también se constata en un formato adicional del plan de Enfermería, el cual también esta especificado en el Plan del Establecimiento. Este formato tiene que tener el visto bueno tanto del área de Enfermería como del área Biomédica, y esta señalado para realizarse semanalmente.

	OPERATIVIDAD DE EQUIPOS		
JEFE DE SERVICIO			
BIOMÉDICO			
SEMANA	ELECTROCARDIOGRAFO		
1ERA SEMANA	FECHA:		
	HORA:		
	USUARIO:		
	OBS:		
2DA SEMANA	FECHA:		
	HORA:		
	USUARIO:		
	OBS:		
3ERA SEMANA	FECHA:		
	HORA:		
	USUARIO:		
	OBS:		
4TA SEMANA	FECHA:		
	HORA:		
	USUARIO:		
	OBS:		
5TA SEMANA	FECHA:		
	HORA:		
	USUARIO:		
	OBS:		

Figura 29. Formato Usuario de Funcionabilidad de Electrocardiógrafos
Fuente: Elaboración Propia

Ya pasando a cómo se debe realizar dicha verificación, en primer lugar, se debe conocer el equipo en el cual se va a realizar, en este caso en particular, serían los Electrocardiógrafos Edan Instruments de los Modelos SE-3 Y SE-300.

Estos modelos son los que usualmente se adquieren por parte de Red del Establecimiento, y en los que nos centraremos en realizar la verificación.

3.5.2.3 Herramientas y protocolo de pruebas

3.5.2.3.1 Herramientas

Las herramientas del establecimiento que se utilizarán serán dos:

Multímetro Digital:

El Multímetro es un instrumento que sirve para realizar medición de voltaje (DC O AC), corriente eléctrica, impedancias, y continuidad en un circuito eléctrico o electrónico. Puede variar sus características de acuerdo a los rangos.



Figura 30. Multímetro Digital del Establecimiento
Fuente: Foto Propia

Simulador Fluke Prosim 8

El Simulador Fluke Prosim 8 está diseñado para brindar y apoyar en mantenimientos preventivos para equipos que requieran monitorizar signos vitales del paciente (ritmo cardiaco, respiración, saturación de oxígeno, temperatura, presión arterial no invasiva e invasiva).

La función principal de este simulador es la de patrón, es decir, se le configura referencias de funciones vitales para ver si los equipos médicos monitorizan los parámetros configurados, y así ver si el equipo está mostrando los valores correctamente y, por consiguiente, el equipo está funcionando de una manera óptima en dicha función.



Figura 31. Simulador Fluke Prosim 8
Fuente: Brochure Simulador

En el año 2018, el establecimiento iba a pasar la acreditación de la Joint Comission International, por lo que era necesario mejorar ciertos patrones como ya se explicó anteriormente, por lo que, en este caso en específico, el área Biomédica realizó una solicitud mediante un correo al jefe de Mantenimiento y a la Gerencia General del establecimiento, explicando la necesidad de ciertos implementos para mejorar el cuidado de los equipos biomédicos, de su control e inventario. Entre esos implementos estaba estipulado el simulador.

El establecimiento lo adquirió a base de dicha necesidad, pero solo con ciertos accesorios, pero de igual manera ayudaría bastante en comprobar la función principal de los equipos que monitorizan ciertos signos vitales.

Previamente a realizar una verificación, se realizó prueba del simulador a base de un muestreo de valores entre 40 a 360 lpm, en rangos de 10 lpm. Como la verificación se hace en un electrocardiógrafo, se realizó dicho muestreo en uno de nuestros equipos, mostrando los siguientes registros:

Tabla 8. Parametrización de Simulador vs Monitorización del Electrocardiógrafo

Parámetro (Simulador Prosim 8)	Monitorización (Electrocardiógrafo)
40 lpm	40 lpm
50 lpm	50 lpm
60 lpm	60 lpm
70 lpm	70 lpm
80 lpm	80 lpm
90 lpm	89 lpm
100 lpm	100 lpm
110 lpm	110 lpm
120 lpm	120 lpm
130 lpm	130 lpm
140 lpm	140 lpm
150 lpm	150 lpm
160 lpm	160 lpm
170 lpm	169 lpm
180 lpm	180 lpm
190 lpm	189 lpm
200 lpm	200 lpm
210 lpm	209 lpm
220 lpm	219 lpm
230 lpm	229 lpm
240 lpm	240 lpm
250 lpm	250 lpm
260 lpm	259 lpm
270 lpm	270 lpm
280 lpm	280 lpm
290 lpm	289 lpm
300 lpm	300 lpm
310 lpm	155 lpm
320 lpm	160 lpm
330 lpm	164 lpm
340 lpm	169 lpm
350 lpm	174 lpm
360 lpm	179 lpm

Aquí se ve que el equipo tiene una diferencia de ± 1 lpm, lo que entra en el rango del 1% de tolerancia del simulador.

Además, se lleva a observar que a partir de lpm superiores a 300, el electrocardiógrafo muestra la mitad $\pm$ 1 lpm con relación a lo programado en el simulador. Esto se debe ya a fabricación de dichos electrocardiógrafos.

3.5.2.3.2 Protocolo de Pruebas

Vendrían a ser los procedimientos adoptados por parte del área Biomédica para verificar el funcionamiento óptimo de los electrocardiógrafos.

A continuación, explicaremos paso por paso los pasos que se efectúan para realizar dicho procedimiento.

a) Inspección visual y física del equipo

Aquí se observa si el electrocardiógrafo y sus accesorios poseen algún daño considerable en su estructura.

Específicamente lo que se revisa es:

- Si la carcasa del electrocardiógrafo se encuentra en óptimas condiciones.
- Si el cable del paciente se encuentra con alguna ruptura en algún ramal o si los terminales en donde van puesto los electrodos están empezando a presentar óxido. Cabe recalcar que la limpieza de los electrodos ya vendría ser responsabilidad del área usuaria.
- Si los puertos USB, red, data, corriente eléctrica, y otros están en buenas condiciones.
- Si el teclado no presenta desgaste.
- Si la pantalla LCD presenta algún golpe y/o rajadura.
- Si la base donde se apoya el equipo no presenta algún daño o golpe.
- Si la tapa de la impresora térmica no presente roturas en su anclaje.

Estos son los puntos más importantes que se deben revisar visualmente en el electrocardiógrafo. El biomédico se encarga de realizar esta evaluación para determinar el estado físico del equipo. Cabe recalcar que, por el tiempo de uso, podría presentar desgaste en varias de sus partes, lo cual, si el usuario evalúa que no influye en la toma de exámenes a los pacientes, se seguirá utilizando el equipo. Ejemplo: Golpe en la esquina de la carcasa.

A la vez el biomédico tiene que constatar que no influirá en una falla posterior. En caso si llevará a esto, se tendría que realizar el mantenimiento correctivo correspondiente.

b) Encendido y funciones básicas del equipo

Se realizan pruebas con relación al encendido del equipo y sus funciones.

- Verificación de voltaje DC de la batería de litio del electrocardiógrafo (14.4 – 14.8 VDC aproximadamente).
- Verificación de encendido con conexión a corriente y sin conexión (funcionamiento de batería)
- Verificación de funcionamiento del interruptor de red eléctrica.
- Verificación de los indicadores de carga de batería, funcionamiento de batería y de conexión a fuente eléctrica. Encendido de acuerdo a su uso.
- Verificación de que si salen todas palabras, letras y números de los elementos de la pantalla LCD.
- Iluminación y deterioro de la pantalla LCD (puntos, sombras, entre otros)
- Si las gráficas de los canales se muestran óptimamente.

Se recalca que, si el equipo no enciende por algún motivo en particular, se hace las pruebas de descarte correspondientes. Si se trata de un fallo del cable de alimentación o de la batería del electrocardiógrafo. Se sabe que estas pruebas se realizan con el multímetro digital, evaluando continuidad y medición de un voltaje aproximado entre 14.4 y 14.8 VDC, ya que, si se mide un voltaje mucho menor, la batería ya muestra un desgaste visible y esto afecta en la vida útil de

la batería y por ende en el tiempo de duración sin corriente del electrocardiógrafo, lo cual no se puede permitir en área como hospitalización, emergencias o UCI, debido al transporte constante de dicho equipo.

Si tanto el cable de alimentación y la batería están en buenas condiciones y no tienen que ver con la falla del encendido del equipo, se procede a llevar al taller biomédico para su diagnóstico de falla y reparación correspondiente. Ya en última instancia se hace el requerimiento de una empresa tercera, sea por falta de repuestos o falla de mayor calibre.



Figura 32. Medición de Voltaje de Batería de Electrocardiógrafo
Fuente: Elaboración Propia

También algo que se revisa por normativa es la fecha y hora configurada del electrocardiógrafo. Se verifica que no muestra cambio al realizar el encendido/apagado del equipo, pero si muestra variación, también se debe realizar la revisión que corresponde.

c) Revisión de Teclado e Impresora

Con respecto al teclado de los electrocardiógrafos EDAN:

- Se verifica si el botón SENS realiza la variación de las amplitudes (mm/Mb) según el usuario disponga.
- Si el botón RECALL nos permite ingresar a los exámenes de los pacientes grabados.
- Si el botón 1mv/COPY permite copiar o calibrar según el modo en el que este.
- Si el botón MODE realiza la variación de los modos que posee el electrocardiógrafo.
- Si los botones de conmutación LEAD permiten variar los grupos de derivaciones, y así poder observar todas las derivaciones. (A la vez las funciones extras que se explican en el manual)
- Si la tecla PRINT/STOP realiza la impresión de los exámenes.
- Si la tecla MENU permite el ingreso a la Configuración de Sistema del electrocardiógrafo.
- Si las teclas de arriba, abajo, izquierda y derecha realizan una correcta movilidad.

Con respecto a la impresora:

- Se observa en el punto de la tecla PRINT/STOP, al presionar dicha tecla realiza un muestreo previo de las derivadas y la impresión del examen correspondiente, pero hay veces que dicha impresión falla por diversos motivos.
- Puede ser por falla usuaria, debido a la colocación del papel térmico predeterminado del electrocardiógrafo, o una mala configuración del modo, ya que depende del modo si es que realiza una grabación (modo ritmo) o se imprime, que generalmente es en el MODO AUTO.
- Otra falla común es el rodillo. Puede que este colocado inversamente en la parte posterior de la tapa de impresión, o que alguna de las puntas se haya salido por golpe o desgaste, evitando el paso del papel térmico de la impresora, tendría que verse la solución correctiva para este tema.



Figura 33. Rodillo de Impresión del Electrocardiógrafo

Fuente: Foto Propia

Ya una falla más complicada sería la del cabezal térmico del equipo, ya que no permitiría el paso constante de la impresión. Si este fuera el caso, tendría que pasar por un mantenimiento correctivo para la solución de dicho problema.



Figura 34. Cabezal térmico de Impresora de Electrocardiógrafo

Fuente: Foto Propia

En la impresión se muestra según los canales configurados en el equipo, las 12 derivadas y la información con diagnóstico del paciente.

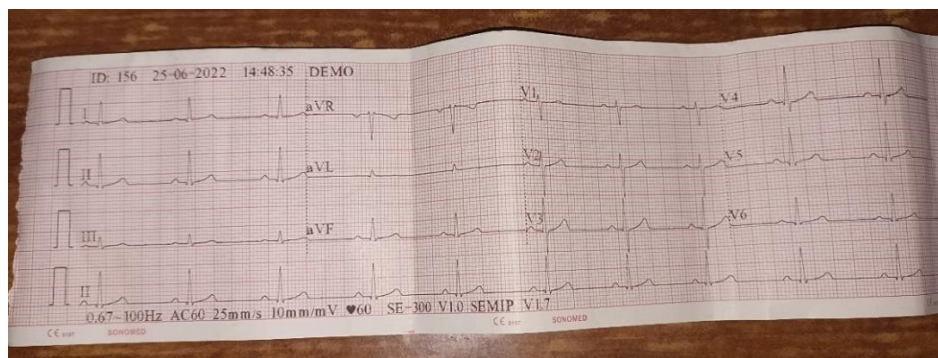


Figura 35. Trazado en Impresión de Electrocardiógrafo
Fuente: Foto Propia

d) Pruebas con el Simulador

Vendría a ser la parte más importante del protocolo de pruebas, ya que se comprueba que el equipo este mostrando las correctas mediciones a los pacientes, y esto se hace a través de unas verificaciones programando el Simulador Fluke Prosim 8.

Lo que se procede a hacer es una medición en diferentes lpm programados en el simulador, que nos tienen que mostrar la gráfica PQRST.

Se tiene encendido el equipo y se hacen las pruebas correspondientes.

Ya en las pruebas rutinarias se toman muestras específicas de bradicardia, taquicardia y ritmo cardíaco normal (40 lpm, 140 lpm y 60 lpm).

Tabla 9. Pruebas específicas con simulador

Prueba	Monitorización
Bradicardia (40 lpm)	40 lpm
Ritmo Normal (60 lpm)	60 lpm
Taquicardia (140 lpm)	140 lpm

Entonces se comprueba si el valor de I_{pm} parametrizado en el Simulador se monitoriza en el electrocardiógrafo, y que se encuentra dentro del rango de tolerancia permitido, que vendría a ser $\pm 1\%$ según manual.

También se podrían hacer pruebas para diferentes tipos de arritmias (ventricular, prematura, entre otros), pero debido a que se hace una prueba más común, se hace con relación al ritmo sinusal normal, teniendo en consideración rangos de tolerancia con la amplitud y la velocidad.

Así corroboramos la operatividad con relación al ritmo sinusal y lo que se observa en la gráfica PQRST.



Figura 36. Prueba de Simulador Prosim con Electrocardiógrafo
Fuente: Foto Propia

Ya con estas pruebas realizadas en el equipo, básicamente se corrobora la operatividad de un electrocardiógrafo del establecimiento, y por consiguiente que el usuario lo puede utilizar sin ningún inconveniente.

También se recalca el tema de las interferencias a la señal de ECG, ya que, si está el equipo conectado a corriente, generalmente tiene que estar conectada a una red eléctrica estabilizada, para evitar la distorsión de ondas.

Tomar el electrocardiograma en un lugar alejado de interferencias electromagnéticas, alejadas a cierto rango de equipos electrónicos, cables de red, entre otros.

Como se especificó en la sección “a”, los electrodos y cable de paciente debe presentar limpieza, ya que si no puede generar ruidos y variación en la gráfica, al igual que el paciente no esté en movimiento para evitar movimiento de la línea base.

Ya errores posteriores como vida útil del cable electrocardiógrafo de 10 ramales y batería, depende del uso del equipo y lo indicado en manual.

3.6 Resultado de la actividad

Se llevo al cabo una verificación rutinaria de los electrocardiógrafos del establecimiento, llegando a la conclusión que todos se encuentran funcionando y sin inconvenientes para el usuario, salvo algunas observaciones que se iran verificando en posteriores inspecciones de rutina.

Tabla 10. Observaciones de electrocardiógrafos del Establecimiento

Código	Equipo	Área	Piso	Observación
ECD-018	Electrocardiógrafo	Cardiología	5	OPERATIVO
ECD-025	Electrocardiógrafo	Cardiología	5	OPERATIVO
ECD-020	Electrocardiógrafo	Emergencia Adultos	1	OPERATIVO
ECD-021	Electrocardiógrafo	Emergencia Pediátrica	1	OPERATIVO
ECD-022	Electrocardiógrafo	Emergencia Adultos	1	OPERATIVO
ECD-014	Electrocardiógrafo	Hospitalización	2	OPERATIVO
ECD-011	Electrocardiógrafo	Hospitalización	4	OPERATIVO (SEGUIMIENTO A CABLE DE 10 RAMALES)

Además, se constata en el formato en el establecimiento donde se hace adicionalmente la corroboración semanal del equipo por parte del área usuaria, a base del formato DEMO del equipo.

Para realizar esta prueba propia del equipo se tiene que entrar a Configuración del Sistema, posteriormente ingresar a la opción “Otro”. Finalmente se activa la configuración DEMO, y saldrá una simulación de las derivaciones en 60 lpm en los canales del electrocardiógrafo.

Este procedimiento se realiza con todos los electrocardiógrafos en el establecimiento y el área Biomédica da visto bueno a este procedimiento.

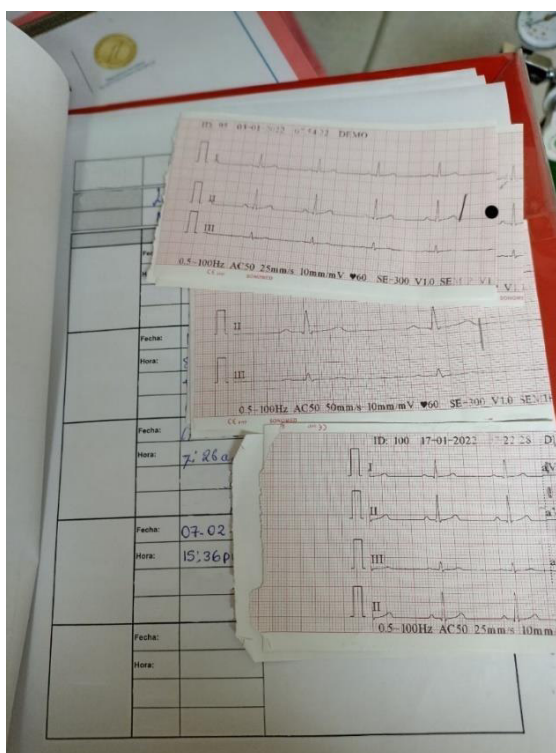


Figura 38. Registro en Formato Usuario de Electrocardiógrafos
Fuente: Foto Propia

CAPITULO IV: CONCLUSIONES

4.1 Justificación

Se obtiene una justificación teórica y práctica de este trabajo.

4.1.1 Justificación Teórica

Este trabajo brinda información de cómo realizar un protocolo de pruebas de manera simple pero eficaz, conociendo las partes técnicas y usuarias necesarias para poder realizar una verificación.

4.1.2 Justificación Práctica

Este trabajo brinda técnicas y/o maniobras empleadas con equipos para poder realizar una verificación técnica del electrocardiógrafo, para su correcta funcionabilidad.

4.2 Conclusiones

El plan de verificación de los electrocardiógrafos fue realizado y viene manejando de una manera óptima el control de la operatividad de estos equipos, de la misma forma apoyado por los formatos elaborados y el protocolo de pruebas establecido, y mejorando la calidad de uso de estos equipos, evitando fallas constantes y requerimientos de servicios externos.

- Se realizan las verificaciones correspondientes según su criticidad de dichos equipos, siguiendo las pautas del protocolo de pruebas y notando algo observación por parte de los electrocardiógrafos considerando su tiempo de vida útil.

- Las fichas rutinarias y formatos elaborados dan un apoyo y sustentan dichas verificaciones, marcando un registro y un control de funcionabilidad.
- El plan de verificación fue elaborado con éxitos, marcando tanto evaluaciones en su estado físico y de sistema, así como de parámetros eléctricos, configuraciones y estado de las derivaciones.
- Se implementó dicho plan en cada electrocardiógrafo propio del establecimiento, sin excepción, para que en cada área usuaria su equipo esté en buenas condiciones y puedan realizar un correcto diagnóstico de sus pacientes.
- Se redujo la cantidad de servicios tercerizados y de fallas de electrocardiógrafos, ya que nosotros mismo podríamos con las herramientas proporcionadas por el establecimiento dar un diagnóstico sólido, y a la vez la cantidad de fallas propias del equipo son menores.

CAPITULO V: RECOMENDACIONES

Este plan de verificación se puede aplicar en cualquier establecimiento de salud, con diferentes modelos de electrocardiógrafo, solo debe seguir los pasos del protocolo de pruebas y ver los formatos con los que se registrarán las verificaciones rutinarias.

- Se recomienda adquirir herramientas adicionales para poder elaborar más pruebas al equipo, como por ejemplo un equipo de seguridad eléctrica, para verificar corriente de fuga y resistividad.
- Se recomienda que las herramientas que se adquieran en el establecimiento estén calibradas.
- Se recomienda verificar que los equipos pasen su mantenimiento preventivo según manual y uso constante.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

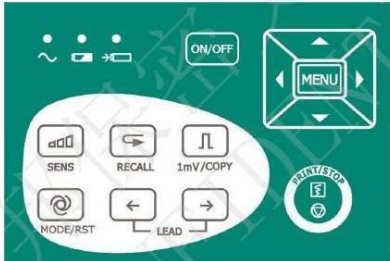
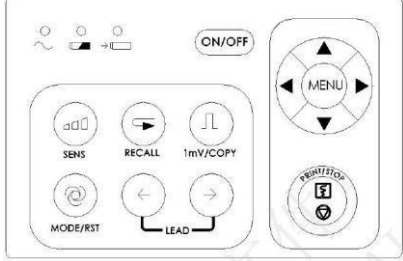
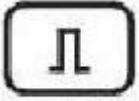
- Godoy, D. (s.f.). Diseño y Construcción de una Plataforma de Telemedicina para el monitoreo de Bioseñales. (*Proyecto*). Colciencias Colombia - SENA, Medellín.
- Guerrero, J. (2010). Bioseñales. (*Tema de libro*). Universidad de Valencia, Valencia.
- MedEm CDS Medicina de Emergencias Costa del Sol. (2017). Cómo hacer un ECG electrocardiograma (parte 2) Artefactos y errores más frecuentes. Andalucía.
- Ministerio de Educación del Perú. (2017). Todo lo que tienes que saber sobre investigación aplicada [Video]. Youtube.
- Mompín, José. (1988). *Introducción a la Bioingeniería*. Barcelona: Mundo Electrónico.
- Paz, D., Mezarina, E., & Ramírez, P. (2011). *Plan de Mantenimiento de Equipos Biomédicos INMP*. Obtenido de Instituto Nacional Materno Perinatal.
- Pérez-Riera, A., & Barbosa-Barros, R. (2017). Principales Artefactos en Electrocardiografía. (*Trabajo Posgrado*). ABC Faculty of Medicine - ABC Foundation - Santo André – São Paulo –, Sao Paulo. Obtenido de <http://cardiolatina.com/wp-content/uploads/2017/04/artefactos-tecnicos-em-electrocardiografia.pdf>
- Robles, J. (2009). Propuesta de un plan de mantenimiento para el área de pediatría en el Hospital General San Juan de Dios. (*Tesis de Graduación*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

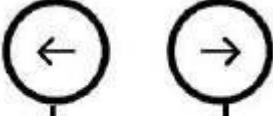
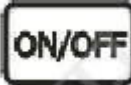
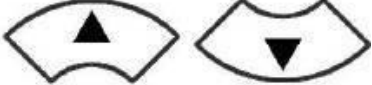
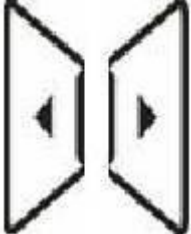
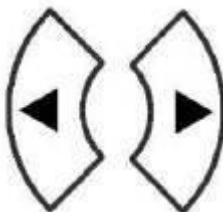
- Sánchez, C. (2019). Diseño y Desarrollo de un Dispositivo de Telemonitoreo de Señales Cardíacas en Tiempo Real mediante Telefonía Móvil, para el Seguimiento Médico de Pacientes con Cardioátías Leves. (*Trabajo de Titulación*). Universidad Tecnológica del Perú, Lima.
- Tena, L., Crispín, Á., Campos, J., & Castañeda, J. (2009). *Plan de Mantenimiento Preventivo del Equipamiento Biomédico*. Obtenido de Hospital San Juan de Lurigancho.
- Valle, J. (2001). Una breve historia de la electrocardiografía. En E. I. electrocardiography, *Dean Jenkins*.
- Vega, G. (2012). Diseño y Construcción de un Electrocardiografo de 12 derivaciones para el análisis de señales cardíacas. *Trabajo para Titulación*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.

CAPITULO VII: ANEXOS

Anexo 1: Manual del Electrocardiógrafo EDAN SE-3/SE-300

Anexo 1.1: Características físicas del Electrocardiógrafo EDAN SE-3/SE-300

MODELO	SE-3	SE-300
ESTRUCTURA		
PANEL DE CONTROL		
SENSIBILIDAD	 SENS	 SENS
RECALL	 RECALL	 RECALL
1 mV/COPY	 1mV/COPY	 1mV/COPY

MODE/RST	 MODE/RST	 MODE/RST
LEAD	 LEAD	 LEAD
PRINT/STOP		
ON/OFF	 ON/OFF	 ON/OFF
MENU	 MENU	 MENU
FLECHAS (ARRIBA Y ABAJO)		
FLECHAS (IZQ Y DER)		

Anexo 1.2: Descripción de indicadores y teclas del Electrocardiógrafo

Anexo 1.2.1: Indicador Luminoso

	Se ilumina cuando tiene conexión a una red eléctrica
	Se ilumina cuando el electrocardiógrafo está funcionando con la batería

	Se ilumina cuando la batería se está cargando
---	---

Anexo 1.2.1: Tecla de Conmutación de Sensibilidad

Amplitud de gráfica: Orden de conmutación de sensibilidad:
10mm/mV – 20 mm/mV – 10/5 mm/mV – 2.5 mm/mV – 5 mm/mV

Anexo 1.2.2: Tecla Recall

Permite abrir el administrador de archivos donde se muestran los archivos del paciente, y ahí se permite almacenar, eliminar, imprimir y transmitir los exámenes.

Anexo 1.2.3: Tecla 1 mV/copy

En el modo Manual, realiza una calibración durante la impresión de informes, y en el modo Auto o Ritmo, copia e imprime el informe más reciente.

Anexo 1.2.4: Tecla MODE/RST

Elige los modos de impresión: AUTO, MANUAL, OFF AUTO, RITMO, OFF RHYT Y RR.

Adicionalmente en el modo Manual también permite un restablecimiento de la forma de onda de manera rápida durante la impresión de informe de ECG.

Anexo 1.2.5: Tecla de Conmutación LEAD

Permite mover el grupo de derivaciones dependiendo la configuración de canales del electrocardiógrafo.

Anexo 1.2.6: Tecla PRINT/STOP

Inicia o detiene la impresión de informes.

Anexo 1.2.7: Interruptor ON/OFF

Encendido y apagado del equipo

Anexo 1.2.8: Tecla Menú

Permite entrar a la pantalla de Configuración de Sistema

Anexo 1.2.9: Tecla arriba/abajo

Selección y movimiento de un elemento de la pantalla principal y de la configuración de sistema.

Anexo 1.2.10: Tecla izquierda/derecha

Ajuste del elemento seleccionado.

Anexo 1.3: Lado Derecho del Electrocardiógrafo



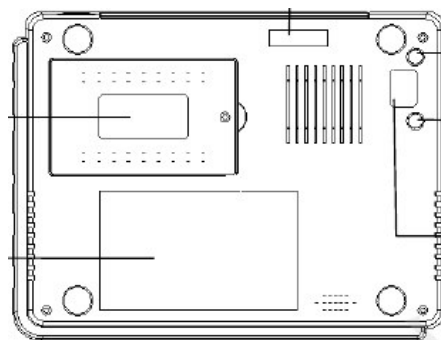
Anexo 1.4: Lado Posterior del Electrocardiógrafo



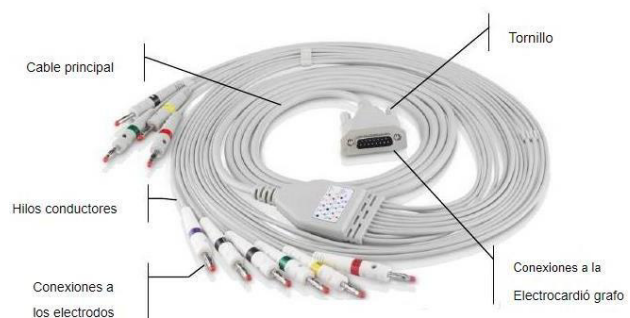
Anexo 1.5: Lado Izquierdo del Electrocardiógrafo



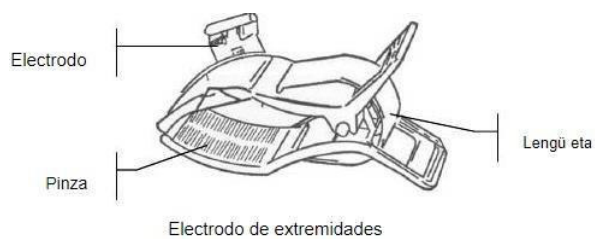
Anexo 1.6: Panel Inferior del Electrocardiógrafo



Anexo 1.7: Cable de paciente



Anexo 1.8: Electrodo de extremidades de paciente



Anexo 1.9: Electrodo de tórax de paciente



Anexo 1.10: Pantalla Principal y Elementos SE-300



Estos elementos vendrían a ser:

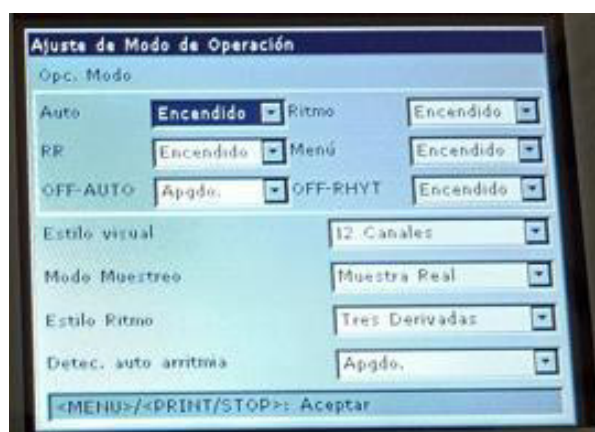
ELEMENTO	FUNCIÓN
Símbolo del paciente	Permite ingresar directamente a la información del paciente
ID	Ingreso del ID del paciente
Sexo	Se ingresa sexo del paciente con el movimiento de las flechas
Edad	Ingreso de edad del paciente
Modo de Trabajo	Permite ingresar el Modo de trabajo, que pueden ser AUTO, MANUAL, OFF-AUTO, RITMO, OFF-RHYT Y RR
Frecuencia Cardiaca	Valor de FC del paciente
Hora Actual	Muestra la hora real
Batería	Muestra la Capacidad de Carga de la batería
Zona de forma de onda	Muestra las formas de ondas de las derivaciones, de la cantidad de canales que ha sido configurado el equipo
Indicación	Incluyen las indicaciones que puede mostrar el equipo (Error Papel, Memoria Llena, USB, Impresión, entre otros)

Nombre de la derivación	Incluye indicaciones como DEMO o error de Modulo.
25 mm/ms	Velocidad
10 mm/mV	Sensibilidad
100 Hz	Filtro

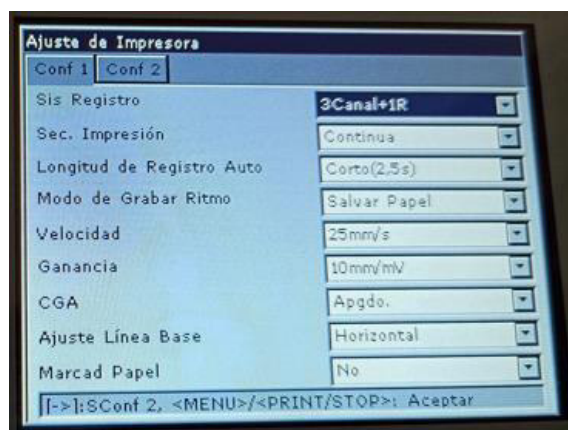
Anexo 1.11: Pantalla Configuración de Sistema SE 300



Anexo 1.12: Pantalla Modo de Operación SE-300



Anexo 1.13: Pantalla de Ajuste de Impresión SE-300

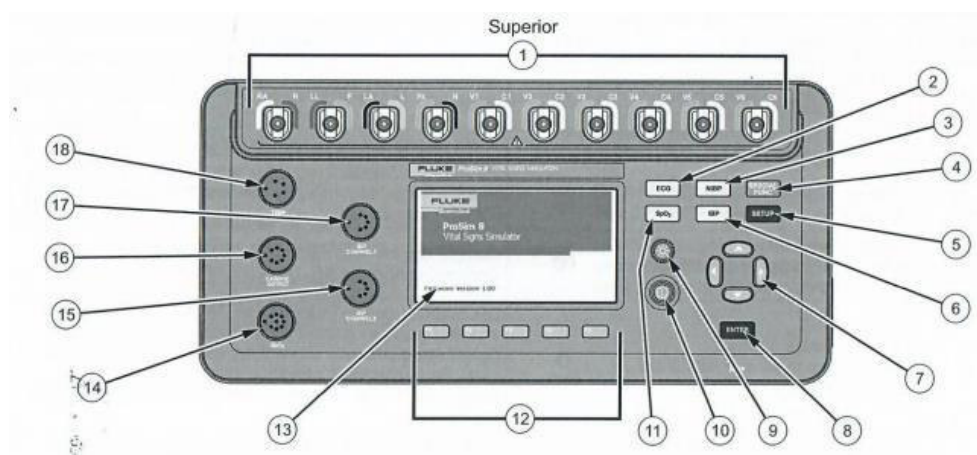


Anexo 2: Manual de Simulador Fluke Prosim 8

Anexo 2.1: Cuadro de Especificaciones Generales

Especificaciones generales		
Temperatura	Funcionamiento	Entre 10 °C y 40 °C (entre 50 °F y 104 °F)
	Almacenamiento	Entre -20 °C y +60 °C (entre -4 °F y 140 °F)
Humedad	10Entre 10% y 90% sin condensación	
Altitud	3.000 metros (9.843 pies)	
Dimensiones (lon. x anc. x alt.)	14,5 cm x 30,2 cm x 8,6 cm (5,7 in x 11,9 in x 3,4 in)	
Pantalla	Pantalla LCD a color	
Comunicación	Puerto de envío del dispositivo USB	Conector mini-B para el control mediante un ordenador
	Puerto de controlador del host USB	Tipo A, salida de 5 V, carga máxima de 0,5 A. Conector para teclado, lector de códigos de barras e impresora.
	Inalámbrico	IEEE 82.15.4 para el control mediante un ordenador
Alimentación	Batería recargable de iones de litio	
Cargador de la batería	Entrada entre 100 V y 240 V, salida de 15 V/2,0 A. Para obtener un mejor rendimiento, el cargador de la batería debe estar conectado a una toma de CA con una conexión a tierra adecuada.	
Duración de la batería	9 horas (mínimo); típicamente, 100 ciclos de NIBP	
Peso	1,87 kg (4,2 lb)	
Normativas de seguridad	IEC/EN61010-1 3ª edición; Grado de contaminación 2 CAT Ninguno	
Certificaciones	CE, CSA, C-TICK N10140, RoHS	
Compatibilidad electromagnética (EMC)	IEC 61326-1:2006	

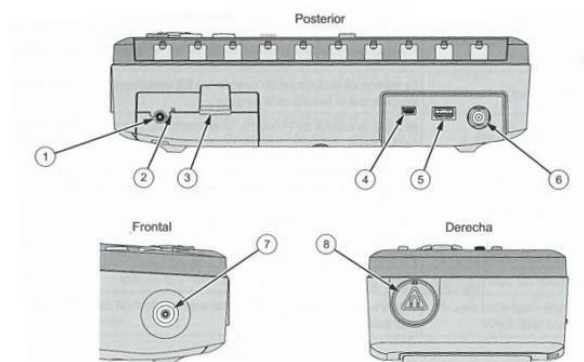
Anexo 2.2: Controles y conexiones del panel Superior



Elemento	Nombre	Descripción
1	Terminales de ECG	Terminales de conexión para las derivaciones de los dispositivos bajo prueba, como las derivaciones de ECG.
2	Función ECG	Accede a las formas de onda ECG (adulto, pediátrico y arritmias) y funciones de ensayo ECG (rendimiento de ondas, detección QRS, rechazo de onda T alta y detección de onda R).
3	Botón NIBP	Accede a las funciones de presión arterial no invasiva.
4	Funciones especiales	Accede a la temperatura, respiración, gasto cardíaco, simulación fetal, auto secuencias y visualización de las funciones de memoria
5	Botón de configuración	Accede a los comandos de configuración.
6	Botón IBP	Accede a las funciones de presión arterial invasiva.
7	Botones de Navegación	Botones de Control del cursor para navegar por los menús y las listas.

8	Botón Enter	Establece la función de resaltado.
9	Botón Luz de Fondo	Enciende y apaga la luz del fondo de la pantalla.
10	Botón de Encendido	Enciende y apaga el simulador.
11	Botón SpO2	Accede a funciones de Saturación de Oxígeno
12	Teclas Programables de Función	Las teclas F1 a F5 se utilizan para seleccionar varias opciones que aparecen en la pantalla LCD, encima de cada tecla programable de función
13	Pantalla LCD	Pantalla a Color
14	Conector SpO2	Conector para el accesorio
15	Conector del canal 2 IBP	Conector para esta función
16	Conector de Gasto Cardíaco	Conector para esta función
17	Conector de canal 1 IBP	Conector para esta función
18	Conector de temperatura	Conector para esta función

Anexo 2.3: Paneles de Simulador y funciones



Elemento	Nombre	Descripción
1	Conector de Alimentación CA/CC	Toma de entrada para la salida de CC del conector de alimentación CA/CC
2	Led de carga de Batería	Cuando el LED está rojo, se encuentra cargando. Cuando esta verde significa que la batería está cargada.
3	Pestillo de Batería	Bloquea la batería.
4	Puerto de dispositivo USB Mini B	Se utiliza para la conexión de un ordenador remoto o descarga de datos de resultados de ensayo.
5	Puerto del controlador USB A	Para teclado externo, lector de código de barras o impresora
6	Conector BNC ECG	Salida de alto nivel de señal ECG
7	Conector de puerto de aire	Puerto de presión para el manguillo NIBP y el monitor.
8	Soporte Magnético para el Módulo Táctil SpO2	Sujeta el emisor óptico del SpO2 y el módulo táctil del detector en dos orientaciones

Anexo 2.4: Especificaciones detalladas con relación a ECG

Especificaciones detalladas	
Forma de onda del ritmo sinusal normal	
Referencia del ECG	Las amplitudes de ECG especificadas son para Derivación II (calibración), desde la línea de base hasta el pico de la onda R. Todas las demás derivaciones son proporcionales.
Ritmo sinusal normal	Configuración de 12 derivaciones que dispone de salidas independientes con referencia a la pierna derecha (PD). Dispone de salida a 10 enchufes ECG universales, codificados por colores según las normativas AHA e IEC.
Salida de alto nivel	0,2 V/mV $\pm$ 5 % del ajuste de amplitud del ECG disponible en un conector BNC
Amplitud	Entre 0,05 mV y 0,5 mV (pasos de 0,05 mV); entre 0,5 mV y 5 mV (pasos de 0,25 mV)
Precisión de la amplitud	$\pm$ (2 % del ajuste + 0,05 mV)
Tasa del ECG	Entre 10 BPM y 360 BPM en pasos de 1 BPM
Precisión de la tasa	$\pm$ 1 % del ajuste
Selección de la forma de onda del ECG	Duración QRS de adulto (80 ms) o de niño (40 ms)
Elevación del segmento ST	Solo en modo adulto. Entre -0,8 mV y +0,8 mV (pasos de 0,1 mV). Pasos adicionales: + 0,05 mV y - 0,05 mV
Encendido predeterminado	60 BPM, 1,0 mV, QRS de adulto y elevación del segmento ST de 0 mV

Forma de onda del marcapasos		
Pulso del marcapasos	Amplitud	0 (desactivado), ± 2 , ± 4 , ± 6 , ± 8 , ± 10 , ± 12 , ± 14 , ± 16 , ± 18 , ± 20 , ± 50 , ± 100 , ± 200 , ± 500 y ± 700 mV para derivación II (derivación de referencia)
	Precisión	Derivación II de referencia: $\pm$ (5 % del ajuste + 0,2 mV)
		Derivaciones restantes: $\pm$ (10 % del ajuste + 0,4 mV)
Ancho de pulso del marcapasos	0,1 ms, 0,2 ms, 0,5 ms, 1 ms y 2 ms $\pm$ 5 %	
Arritmias con marcapasos	Auricular 80 BPM	
	Asincrónico 75 BPM	
	Demanda con latidos sinusales frecuentes	
	Demanda con latidos sinusales ocasionales	
	Auriculoventricular secuencial	
	Sin captura (una vez)	
	Sin función	
Encendido predeterminado	Amplitud de 5 mV, ancho de 1 ms, forma de onda auricular	
Arritmia		
NSR basal	80 BPM	
Foco de la CVP	Foco izquierdo, ritmo estándar (excepto donde se especifica)	
Arritmia supraventricular	Fibrilación auricular (gruesa o fina); aleteo auricular; arritmia sinusal; latido perdido (una vez); taquicardia auricular; taquicardia auricular paroxística; ritmo nodal; y taquicardia supraventricular.	
Arritmia prematura	Contracción auricular prematura (PAC); contracción nodal prematura (PNC); ventricular izquierda CVP1; ventricular izquierda CVP2, temprana; ventricular izquierda CVP1, R en T; ventricular derecha CVP2; ventricular derecha CVP2, temprana; ventricular derecha CVP2, R en T; y CVP multifocales.	
Arritmia ventricular	6, 12 o 24 CVP por minuto; CVP multifocales frecuentes; bigeminismo; trigeminismo; CVP múltiples (ejecución única de 2, 5 o 11 CVP); taquicardia monoventricular (entre 120 y 300 BPM en pasos de 5 BPM); taquicardia poliventricular (5 tipos); fibrilación ventricular (gruesa o fina); y asístole.	
Defecto de conducción	Bloqueo cardíaco de primer, segundo y tercer grado; y bloqueo de la rama derecha o izquierda	
Soporte vital cardíaco avanzado	Ritmos de parada sin pulso desfibrilables	Fibrilación ventricular (gruesa), fibrilación ventricular (fina), taquicardia ventricular polimórfica inestable
	Ritmos de parada sin pulso no desfibrilables	Asístole
	Bradicardia sintomática	Bradicardia sinusal (< 60 BPM)
		Bloqueo AV de segundo grado, tipo Mobitz I
		Bloqueo AV de segundo grado, tipo Mobitz II
		Bloqueo AV de tercer grado/completo
		Bloqueo de la rama derecha
Bloqueo de la rama izquierda		

Soporte vital cardiaco avanzado cont.	Taquicardia sintomática: taquicardia regular de complejo estrecho (QRS < 0,12 segundos)	Taquicardia sinusal > 150 BPM Taquicardia supraventricular
	Taquicardia sintomática: taquicardia regular de complejo ancho (QRS ≥ 0,12 segundos)	Taquicardia sinusal > 150 BPM Taquicardia supraventricular SVT con aberración
	Taquicardia irregular	Fibrilación auricular (gruesa o fina), aleteo auricular, taquicardia ventricular monomórfica inestable (entre 120 BPM y 300 BPM), torsade de pointes/taquicardia ventricular polimórfica (intervalo QT largo)
Prueba de rendimiento del ECG		
Amplitud	Entre 0,05 mV y 0,5 mV (pasos de 0,05 mV). Entre 0,5 mV y 5 mV (pasos de 0,25 mV).	
Onda de pulso	30 BPM, 60 BPM con ancho de pulso de 60 ms	
Onda cuadrada	0,125 Hz, 2 Hz, 2,5 Hz	
Onda triangular	0,125 Hz, 2 Hz, 2,5 Hz	
Onda sinusoidal	0,05 Hz, 0,5 Hz, 1, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 60 Hz, 100 Hz y 150 Hz	
Detección de onda R	Forma de onda	Pulso triangular
	Tasa	30 BPM, 60 BPM, 80 BPM, 120 BPM, 200 BPM y 250 BPM
	Ancho	Entre 8 ms y 20 ms en pasos de 2 ms y entre 20 ms y 200 ms en pasos de 10 ms
	Precisión del ancho	± (1 % del ajuste + 1 ms)
Detección de QRS	Anchos	Entre 8 ms y 20 ms en pasos de 2 ms y entre 20 ms y 200 ms en pasos de 10 ms
	Precisión del ancho	± (1 % del ajuste + 1 ms)
	Tasa	30 BPM, 60 BPM, 80 BPM, 120 BPM, 200 BPM y 250 BPM
	Pendiente positiva de la onda R	Amplitud de 0,875; 0,4375 x ancho
	Pendiente negativa de la onda R	Amplitud total; 0,5 x ancho
	Pendiente positiva de la onda S	Amplitud de 0,125; 0,0625 x ancho
Rechazo de onda T alta	Forma de onda	Intervalo QT de 350 ms Ancho de onda T de 180 ms Onda T con forma de semionda sinusoidal
	Amplitud	0 % - 150 % de la amplitud de la derivación de referencia en pasos de 10 %
	Tasa	80 BPM
Precisión de la tasa	± 1 % del ajuste	
Precisión de la amplitud	± (2 % del ajuste + 0,05 mV)	
Alteración del ECG		
Tipo	50 Hz, 60 Hz, muscular, desviación basal, respiración	
Tamaño	25 %, 50 %, 100 % de la onda R sinusal normal para cada derivación	
Selección de la derivación	Todas, BD, PL, BL, V1, V2, V3, V4, V5, V6	

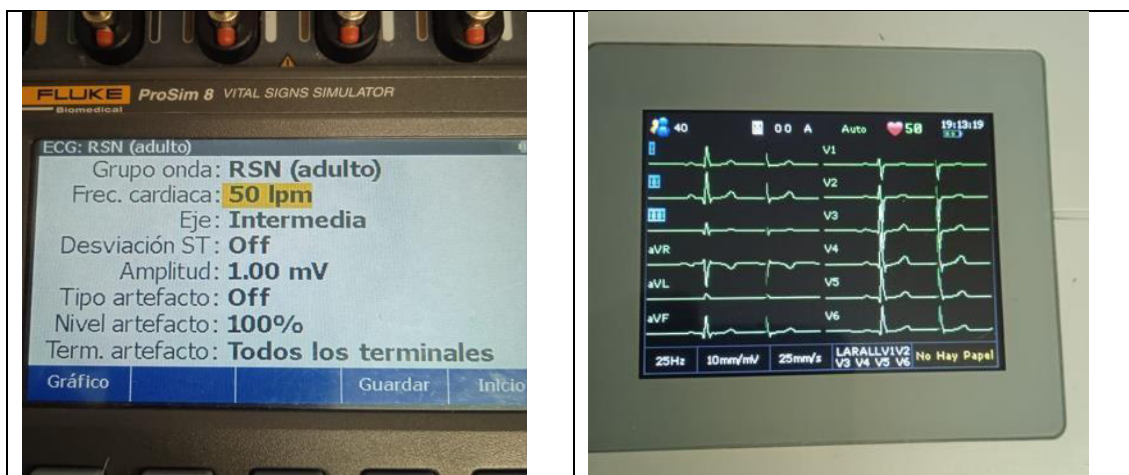
Anexo 3: Pruebas de Simulador Fluke Prosim 8 con Electrocardiógrafo Edan SE-300

Anexo 3.1: Pantalla de Configuración ECG en Simulador Prosim 8



Anexo 3.2: Parametrización de Simulador vs Monitorización del Electrocardiógrafo

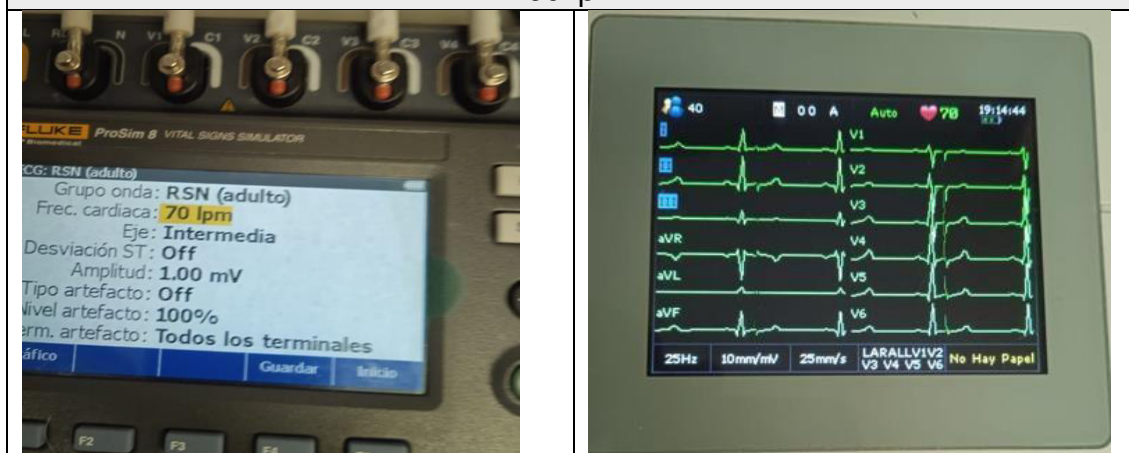
Simulador	Electrocardiógrafo
The image shows the FLUKE ProSim 8 VITAL SIGNS SIMULATOR screen. The settings displayed are: - ECG: RSN (adulto) - Grupo onda: RSN (adulto) - Frec. cardíaca: 40 lpm - Eje: Intermedia - Desviación ST: Off - Amplitud: 1.00 mV - Tipo artefacto: Off - Nivel artefacto: 100% - Term. artefacto: Todos los terminales At the bottom of the screen, there are three buttons: Gráfico, Guardar, and Inicio.	The image shows the Edan SE-300 electrocardiogram monitor. The screen displays multiple ECG waveforms for leads V1, V2, V3, V4, V5, and V6. The top of the screen shows a heart rate of 40 and a status of Auto. The bottom of the screen shows the time 19:12:29 and the text LABALLVIV2 V3 V4 V5 V6 No Hay Papel.
40 lpm	



50 lpm

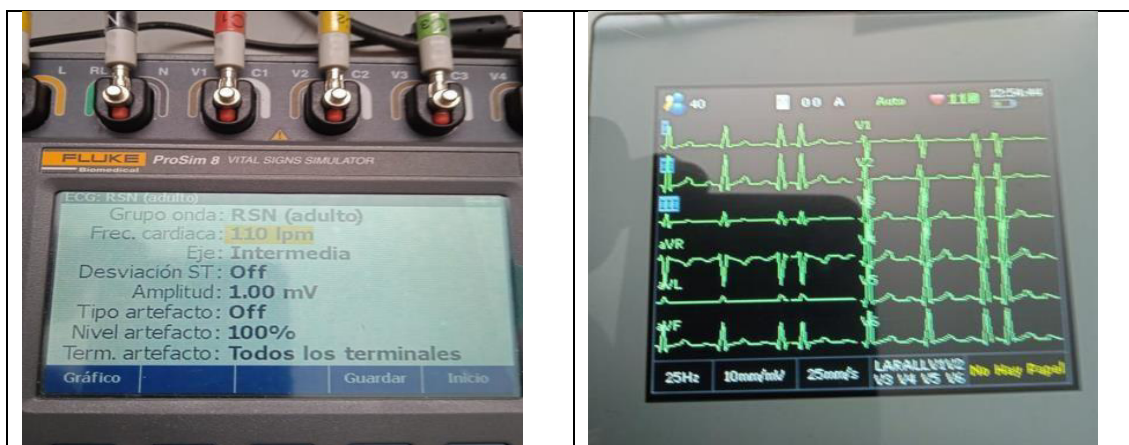


60 lpm



70 lpm

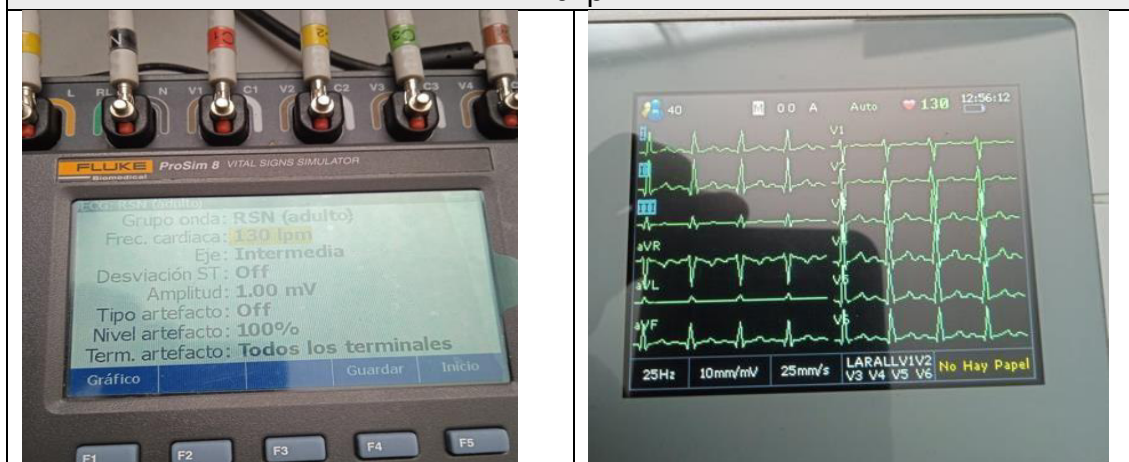




110 bpm



120 bpm



130 bpm



140 bpm



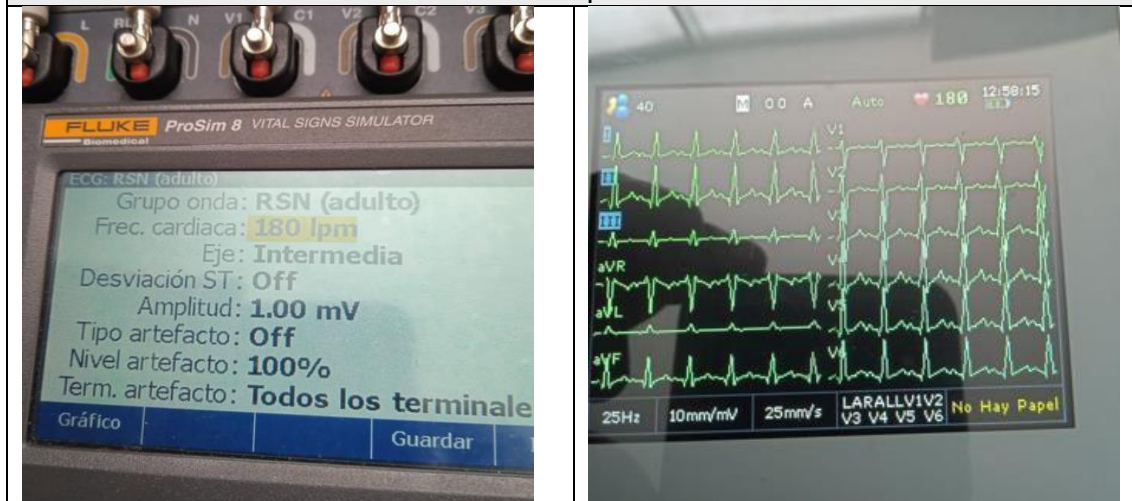
150 bpm



160 bpm



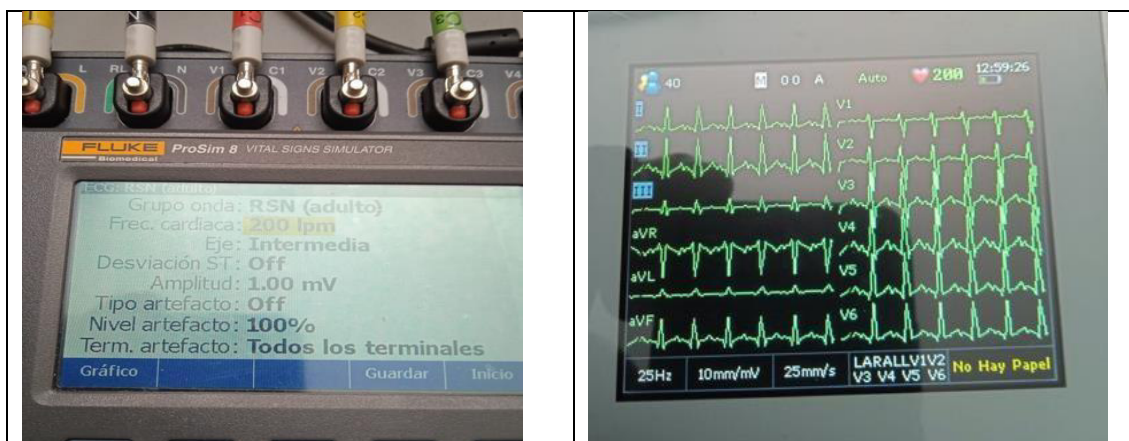
170 lpm



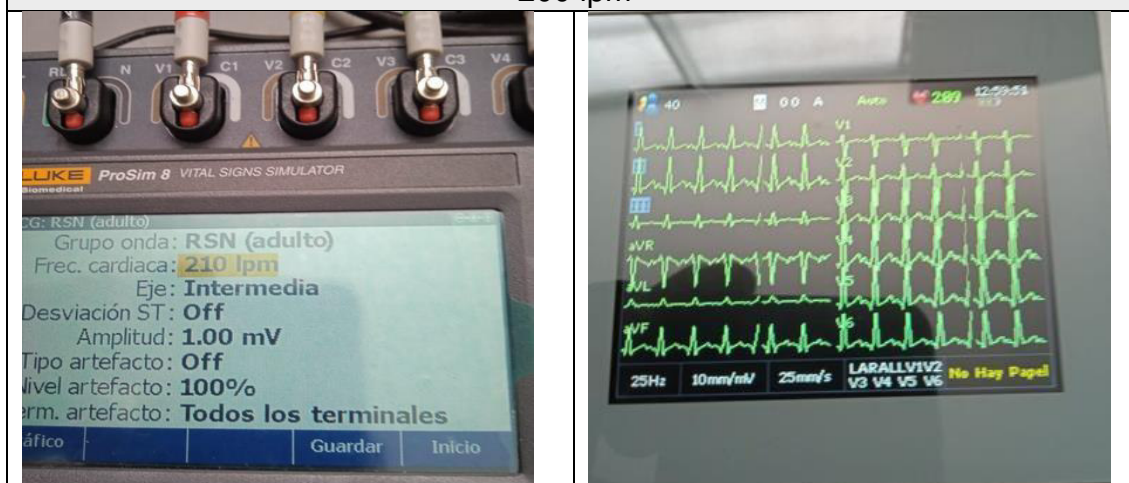
180 lpm



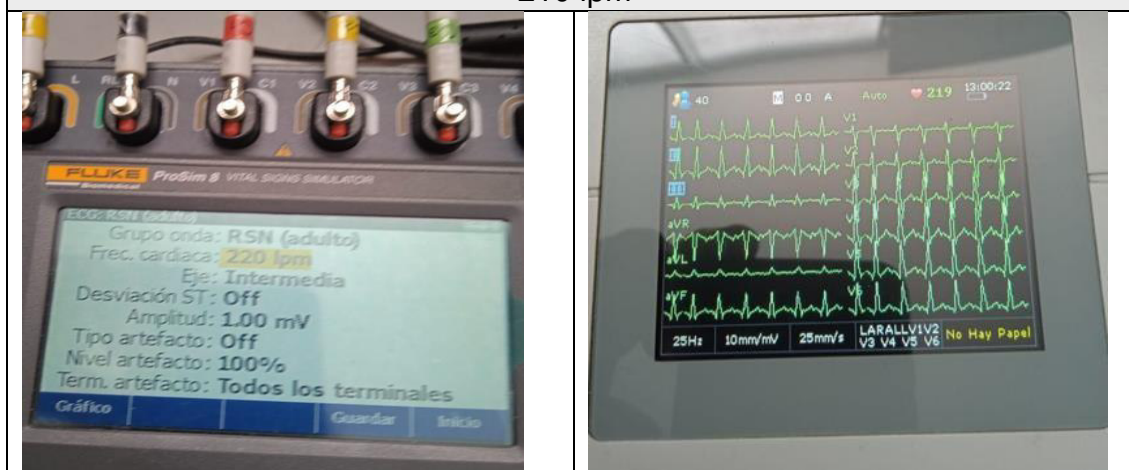
190 lpm



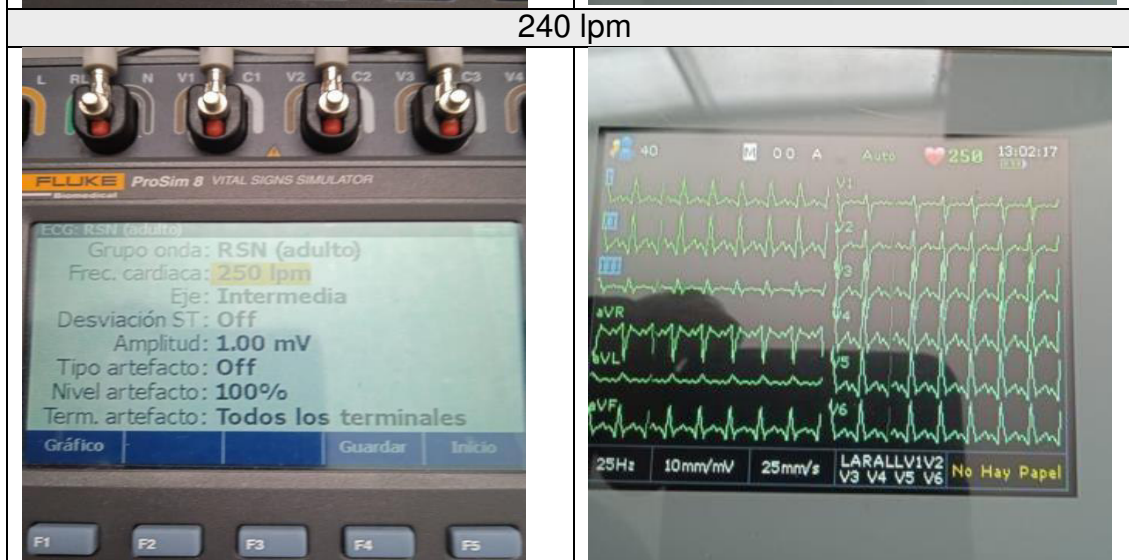
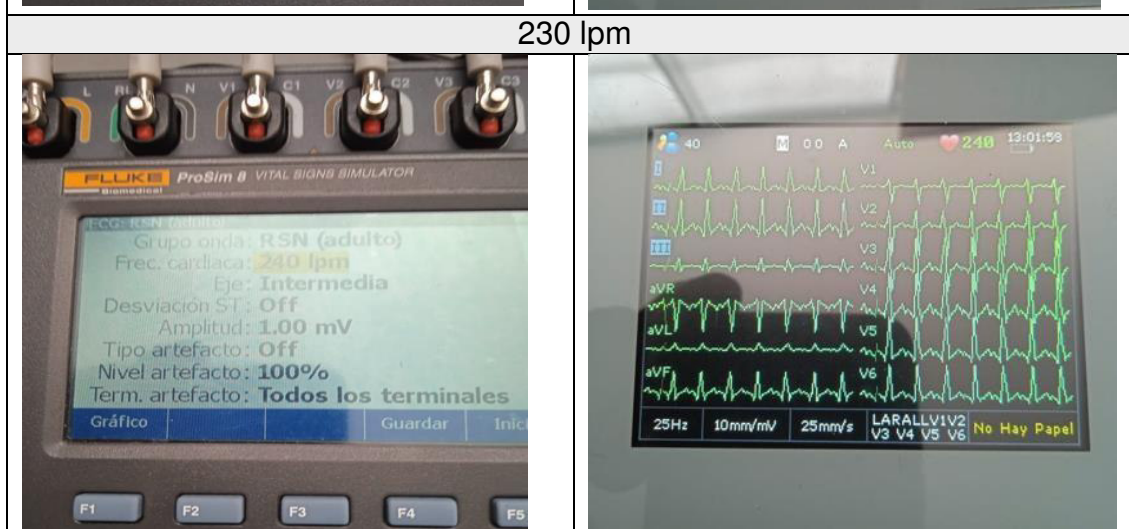
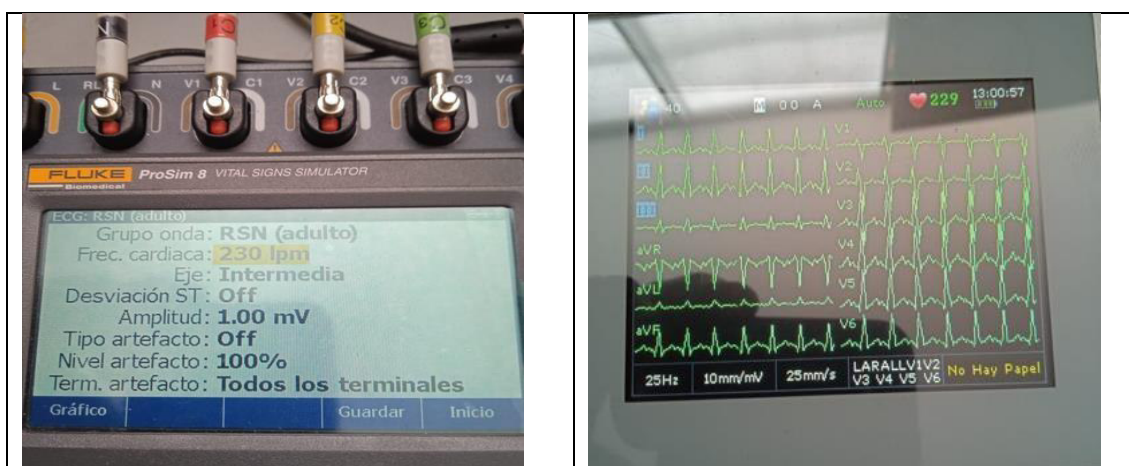
200 lpm

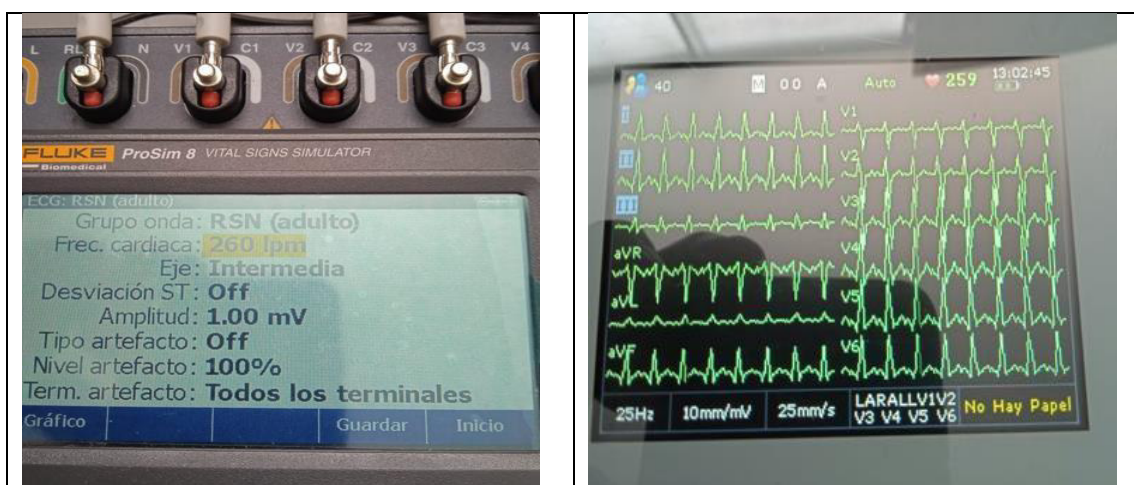


210 lpm

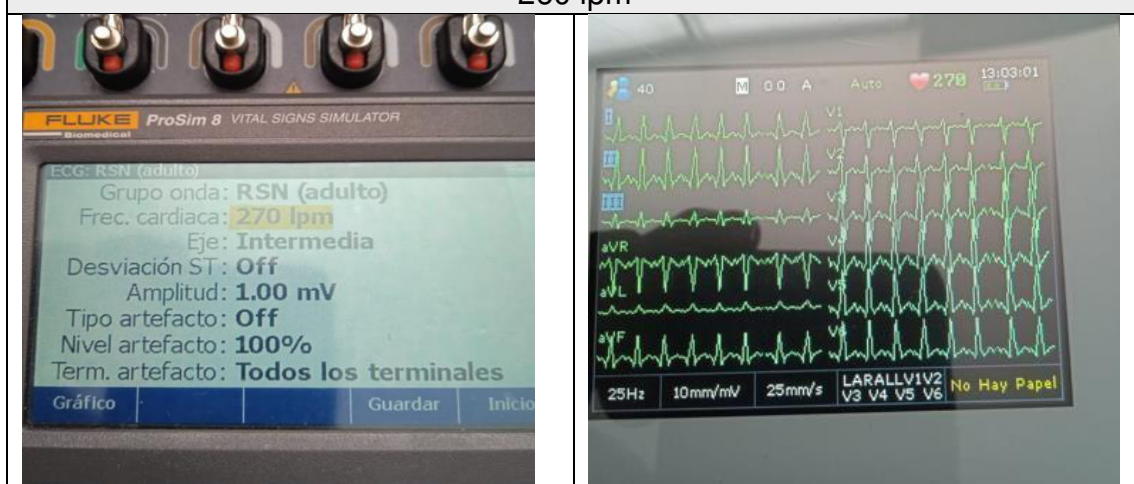


220 lpm

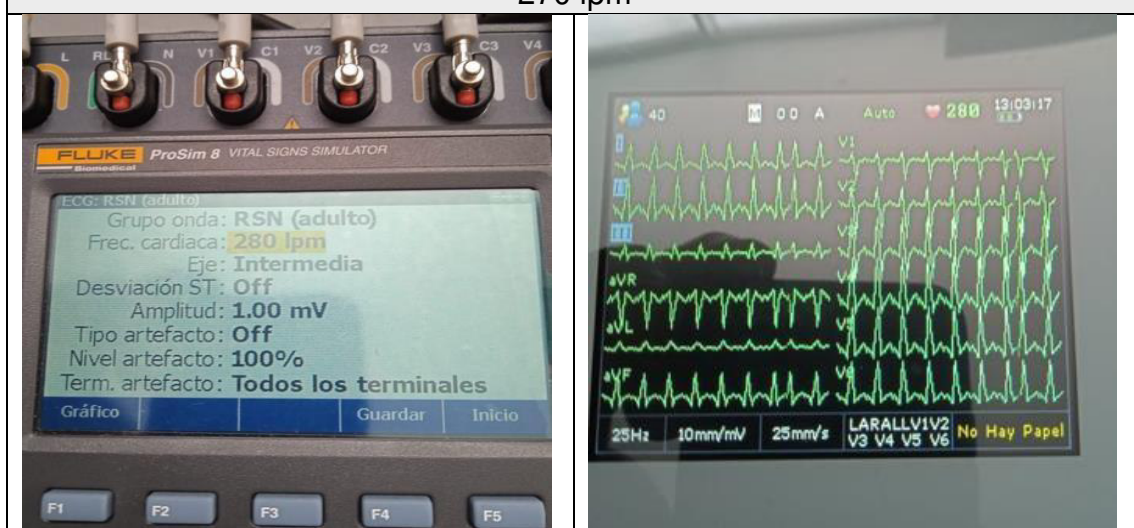




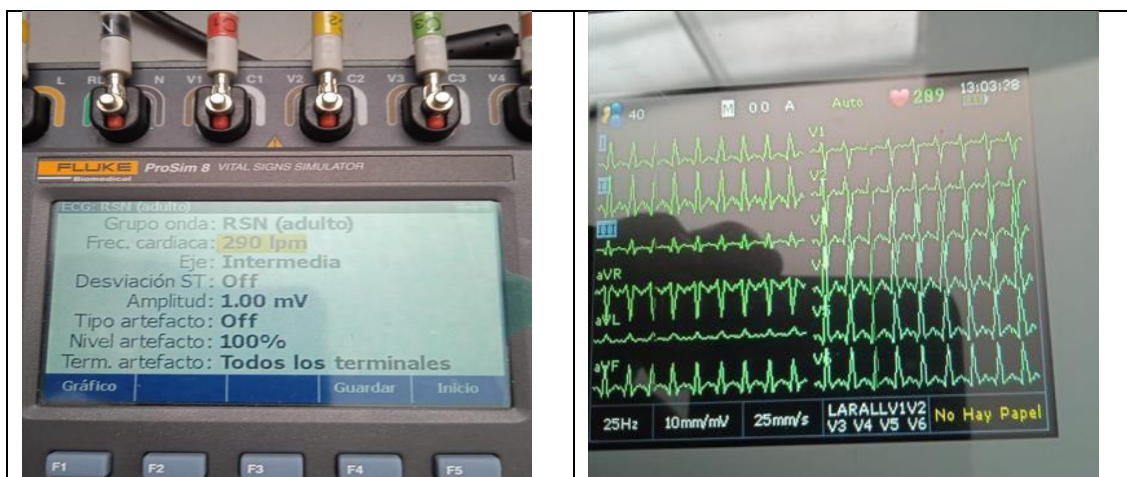
260 lpm



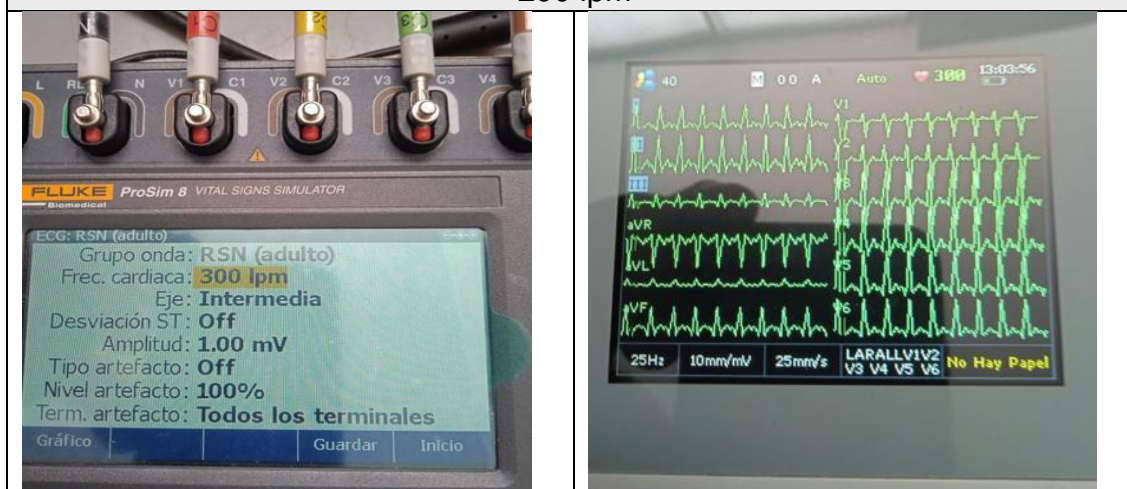
270 lpm



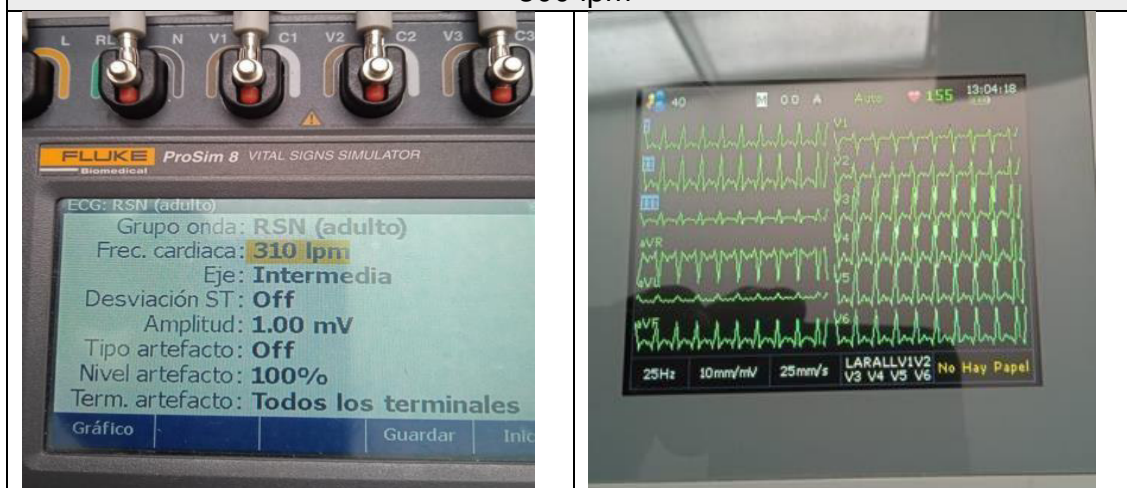
280 lpm



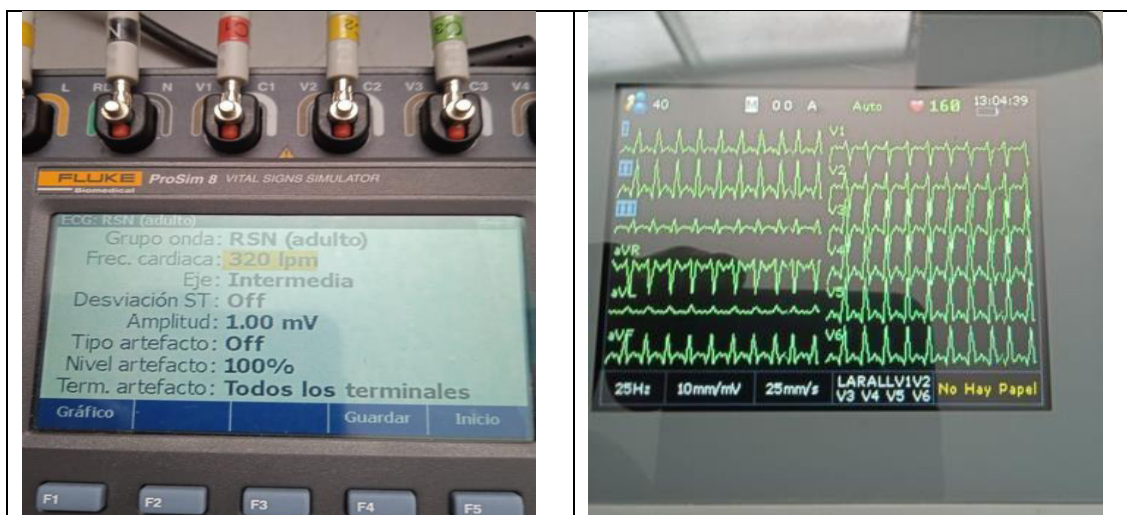
290 lpm



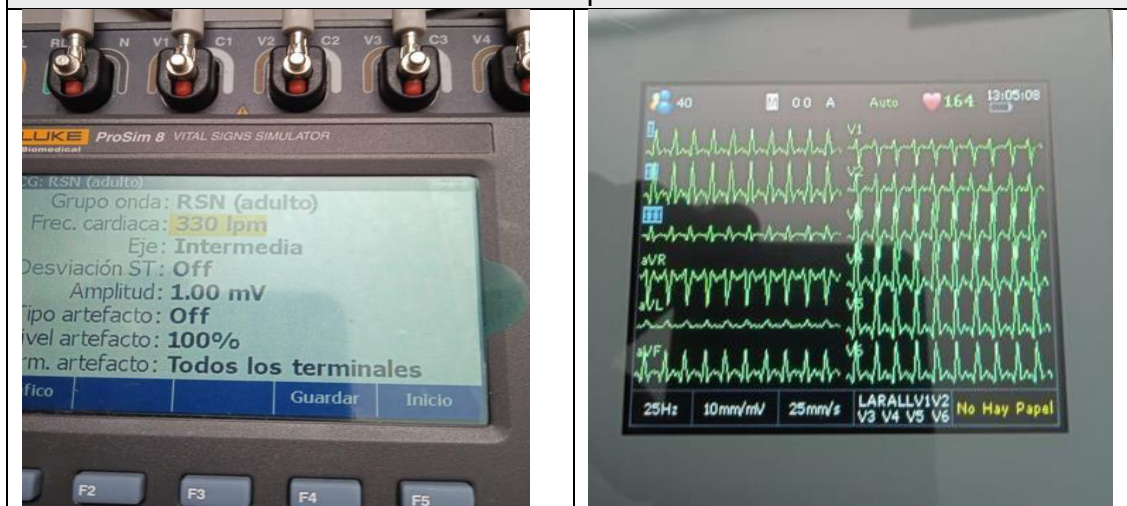
300 lpm



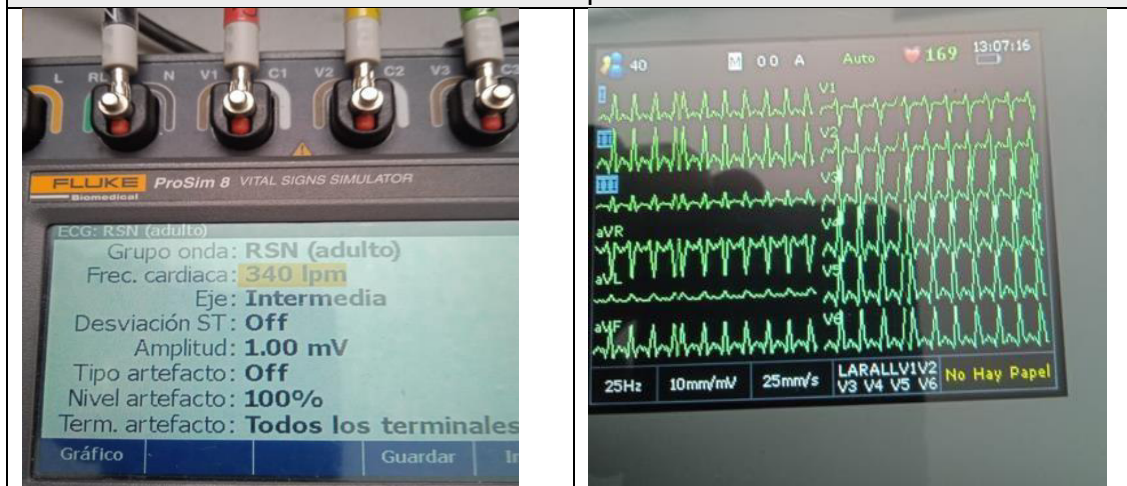
310 lpm



320 lpm



330 lpm



340 lpm



Anexo 4: Solicitud de Simulador Fluke Prosim 8

Asunto: REQUERIMIENTO DE SIMULADORES PARA EQUIPOS MÉDICOS

Buenas tardes,

La presente es para solicitar simuladores para los equipos médicos debido a que sólo contamos con 01 simulador de ECG, la cual su calibración ha vencido en el año 2014. Además ocasionalmente presenta fallas ocasionando que no se obtenga una buena calibración y comprobación de que el equipo esté funcionando correctamente.

Por ende se solicita:

- 01 Simulador para monitor multiparámetro (en clínica contamos con 65 monitores multiparámetros + 28 pulsóxímetros portátiles + 13 Electrocardiógrafos).



Este simulador es: **ProSim 8 Vital Signs Patient Monitor Simulator de FLUKE BIOMEDICAL**, que contiene las siguientes características:

El simulador ofrece pruebas de mantenimiento preventivo exhaustivas y rápidas para todos sus monitores de paciente.

Diseñado para permitirle entrar y salir de la mayoría de las ubicaciones de mantenimiento preventivo en cuestión de minutos, este simulador multifunción comprueba **el ECG (incluidos los ECG fetales y las arritmias), la respiración, la temperatura, la IBP, el gasto cardiaco y cateterización cardiaca, la NIBP y la SpO2**. Todo lo que un monitor multiparámetro contiene.

Gracias a los terminales de ECG especializados de conexión continua que garantizan conexiones de derivaciones seguras, los pulsos sincronizados fisiológicamente en todos los parámetros y los ajustes predeterminados y autosecuencias personalizables, el simulador de

paciente ProSim 8 proporciona pruebas de monitor completas e inigualables de forma rápida y sencilla.

Anexo 5: Partes interna de electrocardiógrafo SE-3

Anexo 5.1: Tarjeta Principal de Electrocardiógrafo



Anexo 5.2: Tarjeta Interfase de Electrocardiógrafo



Anexo 5.3: Tarjeta de Display de Electrocardiógrafo



Anexo 5.4: Cabezal térmico de Electrocardiógrafo

