



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PRÁCTICA PROFESIONAL

INGENIERO BIOMÉDICO AUXILIAR EN HOSPITAL Y CLÍNICAS VIERA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

11641237 KEVIN ALEXANDER MUÑOZ ALTAMIRANO

ASESOR: ING. FERNANDA CÁCERES

CAMPUS TEGUCIGALPA, OCTUBRE, 2022

DEDICATORIA

Mi último paso previo a la obtención de mi título universitario se lo dedico principalmente a mi madre Francisca Altamirano y a mi padre Andrés Muñoz, quienes han estado conmigo en mis momentos más difíciles y me apoyaron desde el inicio hasta el final de mi carrera universitaria. A mi hermano Kristian Muñoz, quien me motivó a servir de ejemplo en muchos aspectos y a quien considero mi mejor amigo desde que tengo memoria, y a todas aquellas amistades que conservo desde la escuela, así como aquellas amistades que hice en la universidad y con quien compartí múltiples horas de estudio.

Gracias a todos por ser parte de mi vida.

-Kevin Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos mis docentes de la carrera de Ingeniería en Biomédica de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), por brindarme sus conocimientos a medida iba cursando las distintas clases del plan de estudio. Ha sido un largo camino y es increíble todo lo que he recorrido.

Le agradezco a mi asesora de terna Fernanda Cáceres, quien me ha brindado un gran apoyo y asesoría a lo largo de distintas materias, proyectos y esta práctica profesional. Agradezco a mis amigos que conocí a lo largo de estos años y sobre todo mis padres, quienes nunca han dejado de apoyarme. Los quiero, todo mi esfuerzo es dedicado a ustedes.

*“La perseverancia es el trabajo duro que haces después de cansarte del
trabajo duro que ya hiciste.”*

-Newt Gingrich

RESUMEN EJECUTIVO

El Hospital Viera es una institución que requiere un cuidado especializado para los equipos médicos que día a día atienden pacientes con dificultades de distintas categorías.

El trabajo de un ingeniero biomédico (auxiliar) en un hospital privado se divide en tareas de distintas categorías. En la práctica se han realizado trabajos que requieren tener la capacidad de llevar un orden y realizar tareas administrativas, de mantenimiento correctivo y preventivo, inspecciones de trabajos de mantenimiento en equipos especializados o complejos, tareas esporádicas de limpieza u cualquier otra actividad que requiera la consultoría de un ingeniero.

Se organizó un plan de mantenimiento preventivo para el año 2023 y se participó en múltiples tareas de mantenimiento correctivo y preventivo cuando el personal del hospital reportó problemas con el equipo médico. Todas estas tareas engloban la caracterización polivalente que deben adoptar los ingenieros biomédicos, especialmente en el ámbito de los hospitales.

EXECUTIVE SUMMARY

The Viera Hospital is an institution that requires specialized care for the medical teams that care for patients with difficulties of different categories on a daily basis.

The work of a biomedical engineer (assistant) in a private hospital is divided into tasks of different categories. In practice, work has been carried out in ways that require the ability to maintain order and perform administrative, corrective and preventive maintenance tasks, inspections of maintenance work on specialized or complex equipment, sporadic cleaning tasks or any other activity that requires consulting of an engineer.

A preventive maintenance plan for the year 2023 was organized and I participated in multiple corrective and preventive maintenance tasks when hospital staff reported problems with medical equipment. All these tasks encompass the versatile characterization that biomedical engineers must adopt, especially in the field of hospitals.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	2
II.	Generalidades de la empresa.....	3
2.1.	Descripción de la empresa.....	3
2.2.	Descripción del departamento.....	3
2.3.	Objetivos del puesto	4
2.3.1.	Objetivo general	4
2.3.2.	Objetivos específicos.....	4
III.	Marco Teórico.....	5
3.1.	Historia de los hospitales.....	5
3.2.	Hospitales en Honduras.....	6
3.3.	Áreas del hospital	7
3.3.1.	Rehabilitación.....	7
3.3.2.	Radiología.....	8
3.3.3.	Laboratorio.....	10
3.3.4.	Unidad de cuidados intensivos.....	11
3.3.5.	Quirófanos.....	12
3.4.	Equipos médicos comunes en hospitales	13
3.4.1.	Monitor de signos vitales	13
3.4.2.	Máquina de anestesia	14
3.4.3.	Bomba de infusión	15
3.4.4.	Desfibrilador	15
3.4.5.	Electrocauterio.....	16
3.4.6.	Ventilador mecánico	16
3.4.7.	Ecógrafo	16
3.5.	La ingeniería biomédica.....	17
3.5.1.	Rol en el sector de la salud.....	17

3.5.2.	Dificultades de desarrollo	18
3.5.3.	Ingenieros biomédicos en Honduras.....	19
3.6.	El futuro en biomédica	20
3.6.1.	Ingeniería de tejidos y los biomateriales.....	21
3.6.2.	Ingeniería neuronal.....	21
3.6.3.	Bionanotecnología y biosensores	22
IV.	Desarrollo	24
4.1.	Descripción del trabajo desarrollado.....	24
4.2.	Semana 1.....	24
4.3.	Semana 2.....	26
4.4.	Semana 3.....	27
4.5.	Semana 4.....	30
4.6.	Semana 5.....	31
4.7.	Semana 6.....	33
4.8.	Semana 7.....	35
4.9.	Semana 8.....	37
4.10.	Semana 9.....	39
4.11.	Semana 10	40
4.12.	Clasificación de tareas realizadas.....	41
4.13.	Cronograma de actividades	42
V.	Conclusiones.....	43
VI.	Recomendaciones	44
	Referencias.....	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- Quirófano en la antigüedad.....	12
Ilustración 2. Monitor de signos vitales multiparamétrico.....	13
Ilustración 3. Diagrama general de una máquina de anestesia.....	14
Ilustración 4- Ramas de la ingeniería biomédica.....	20
Ilustración 5. Nanobiosensor óptico.....	23
Ilustración 6. Hidrocolador Chattanooga.....	25
Ilustración 7. Reemplazo de botón en monitor fetal.....	26
Ilustración 8. Electroencefalograma Neuron-Spectrum.....	27
Ilustración 9. MP de ventilador mecánico.....	28
Ilustración 10. MC de artromotor.....	29
Ilustración 11. MP de autoclave de vapor.....	31
Ilustración 12. Limpieza de reciclaje de agua en CEYE.....	32
Ilustración 13. MP de ecógrafo/ultrasonido.....	34
Ilustración 14. MP de torre de endoscopía.....	34
Ilustración 15. MP de vaporizadores en máquina de anestesia en quirófano.....	35
Ilustración 16. MP de equipo de angiografía.....	36
Ilustración 17. Lámpara halógena de 12 VDC y 100W.....	36
Ilustración 18. MP de ECG.....	37
Ilustración 19. MP de brazo en C.....	38
Ilustración 20. Humidificador de alto flujo en mal estado.....	39
Ilustración 21. Pistola para corte de tejido.....	40
Ilustración 22. Distribución de tareas realizadas en HCV.....	41

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

ATC	Autotest corto
ATG	Autotest global
DEA	Desfibrilador externo automático
HCV	Hospital y Clínicas Viera
MC	Mantenimiento correctivo
MP	Mantenimiento preventivo
MPP	Mantenimiento preventivo programado
PP	Práctica profesional
UCI	Unidad de Cuidados Intensivos
VM	Ventilación mecánica

I. INTRODUCCIÓN

El sector de la salud se ha beneficiado enormemente de los avances en la tecnología. Los hospitales modernos disponen de múltiples dispositivos/equipos y sistemas tecnológicos que ayudan a proveer mejor calidad de atención a la salud de los pacientes. Estos equipos médicos, que en la mayoría de los casos suelen tener un costo de adquisición elevado, suelen comprender máquinas complejas que requieren de un cuidado personalizado para prolongar su vida útil y garantizar su disposición para los procesos hospitalarios.

Es aquí donde entra la necesidad de personal especializado que se encargue de administrar y efectuar las tareas de mantenimiento requeridas por el equipamiento médico en una institución de la salud. Los ingenieros biomédicos, también llamados ingenieros clínicos, se presentan como una necesidad creciente en los hospitales.

Dadas las múltiples etapas por las cuales atraviesa el equipamiento médico desde su entrada hasta su salida del hospital, sin contar los pasos más allá de lo habitual (como ser la investigación y el desarrollo innovador) y las eventualidades de distintas naturalezas en los hospitales, los ingenieros biomédicos son adjudicados con tareas de distintas áreas de oficio administrativo y técnico que favorecen el crecimiento de la institución designada.

El presente documento pretende documentar los trabajos realizados por un pasante de ingeniería en biomédica en un hospital privado, exponiendo así las distintas labores y responsabilidades que se le adjudican a los ingenieros biomédicos en dichas instituciones mientras se aplican los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

El Hospital y clínicas Viera (HCV) fue fundado en 1933, por el Dr. Roy B. Nutter, un norteamericano de mucho prestigio. Inicialmente, el hospital estaba enfocado en el área de pediatría, pero con el tiempo logró expandirse hasta llegar a abarcar las distintas disciplinas y servicios de los que dispone hoy en día.

Su misión es la de brindar atención de máxima especialidad en servicios médicos-hospitalarios para el cuidado de la salud al ofrecer calidad, eficiencia, conocimiento científico y tecnología moderna que ayuden a proveer atención a la salud de calidad a sus pacientes.

Con la meta de ser líderes reconocidos como un hospital de atención médica a través de procesos y servicios innovadores, el hospital dispone de especialidades médicas y tecnológicas para cubrir las distintas necesidades de sus pacientes.

El hospital Viera dispone de áreas dedicadas a la atención medica de diferentes situaciones y necesidades, entre estas:

- Emergencia
- Quirófano
- Unidad de cuidados intensivos
- Hospitalización
- Medicina física y rehabilitación
- Maternidad, labor y parto
- Laboratorios clínicos
- Endoscopía
- Radiología y centro de imágenes

2.2. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

El Hospital Viera dispone de distintos departamentos auxiliares, entre ellos, el de Infraestructura y Equipos. Biomédica es una subdivisión de este departamento. El deber del departamento de biomédica es procurar la disponibilidad del equipamiento médico del hospital, atendiendo las

fallas eventuales que suelen presentarse en los dispositivos médicos de una manera rápida y eficiente para permitir una pronta restauración de los servicios brindados por dichos dispositivos y así aumentar la eficiencia de la institución y proveer un mejor servicio de salud.

2.3. OBJETIVOS DEL PUESTO

2.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Implementar plan de gestión y mantenimiento orientado a biomédica

2.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificación y actualización de inventario de equipo médico.
- Implementación del plan de mantenimientos preventivo trimestral.
- Realizar mantenimientos preventivos básicos.
- Realizar mantenimientos correctivos básicos.
- Supervisión de proveedores.
- Evaluación de nuevas adquisiciones de equipos, mobiliario o repuestos médicos.
- Crear y ejecutar un plan de capacitaciones mensuales.
- Creación de fichas de inspección por tipo de equipo médico

III. MARCO TEÓRICO

Se pueden definir a los hospitales, como aquellas instituciones dedicadas a resolver o mejorar las complicaciones fisiológicas que han presentado los seres humanos desde tiempos inmemoriales. Estas instituciones resultan fundamentales para procurar el bienestar y extender el periodo de vida de la población en general.

3.1. HISTORIA DE LOS HOSPITALES

Según De Micheli:

A partir del siglo IV de nuestra era, los cristianos de oriente comenzaron a establecer y mantener una serie de fundaciones para ayudar a enfermos pobres. Entre las más antiguas, de las que se tiene noticia, se halla la famosa *basileias*. Fue establecida por San Basilio el Grande alrededor del año 372 en Cesarea de Capadocia (actualmente Kayseri en Turquía) y fue de las primeras en proporcionar asistencia médica a sus huéspedes.

En el siglo VI, ya había fundaciones benéficas en las principales ciudades del imperio de oriente. Dichas instituciones se diferenciaron en cuanto a servicios, pacientes y nomenclatura, distinguiéndose en verdaderos hospitales, hogares para ancianos, orfanatos y hospicios. Su característica común consistía en el origen y la afiliación religiosos.

Al parecer, el primer hospital que combinó la enseñanza de la medicina con la atención de enfermos, fue el establecido por cristianos nestorianos en la ciudad de Gundishapur (Irán) en el siglo VI. El hospital musulmán se llamó, con término persa, *maristan*.³ El primero, de que se tiene noticia, fue el establecido en Bagdad por el califa alRashid entre 786 y 803 con personal formado en la escuela de Gundishapur.

Tras la caída del imperio romano (476), en la Europa occidental algunos centros monásticos –en particular aquéllos fundados por monjes irlandeses, p. ej. Saint Gall– eran capaces de brindar asistencia médica a enfermos religiosos y laicos y contaban con pabellones de internamiento, médicos residentes, farmacias, etc. Desde los siglos XI y XII

comenzaron a multiplicarse en toda la Europa cristiana las instituciones de beneficencia que recibieron el nombre de *hospitale*. (de Micheli, 2005).

3.2. HOSPITALES EN HONDURAS

Según el Dr. Alberto Bourdeth (1996), uno de los primeros establecimientos de salud en Honduras llegó entre 1618 y 1620, con el arribo de los Ibéricos. En este, se establece la fundación del Hospital de la Limpia Concepción, en la ciudad de Trujillo. Este atendía indios y españoles y, además, suministraba píldoras, emplastos y ungüentos. Con la llegada del Obispo Juan Modesto Merlo de la fuente en 1651, se fundó el Hospital de la Resurrección en Comayagua en donde a instancias del ilustre prelado mexicano, la institución apoyada por la creación de Capellanías subsiste hasta más allá de 1667 (p. 166)

Bourdeth (1996) afirma que el primer hospital formal surgió en Tegucigalpa en 1707 cuando los sacerdotes franciscanos y mercedarios apoyados por los esposos danlidenses María Villafranca Mendoza y Juan de División de Hospitales Ministerio de Salud Pública Peralta abren una sala de hospitalización contiguo al Convento, pero la falta de interés de las autoridades Municipales y lo exiguo de las contribuciones hacen fracasar el benemérito esfuerzo a solo ocho meses de funcionamiento (p. 166)

Según Bermúdez-Madriz et al (2011):

El sistema de salud de Honduras está compuesto por un sector público y un sector privado. Él afirma que el sector privado cuenta con prestadores con y sin fines de lucro. Entre los primeros se encuentran hospitales, clínicas y profesionistas independientes y once empresas que ofrecen seguros de salud. Entre los segundos se incluyen organizaciones de la sociedad civil como CARE, Visión Mundial HOGASA, Médicos Mundi, Aldea Global, Asociaciones de Pastores, ASHONPLAFA y MOPAWI, entre otros.

Finalmente, los usuarios directos de los servicios privados son sobre todo las familias de altos ingresos, aunque las personas de escasos recursos también recurren a ellos ante la falta de acceso oportuno a los servicios públicos. Sólo 2.9% de la población está cubierta por seguros privados.

El sector privado concentra sus servicios en la atención primaria, farmacia, diagnóstico por imágenes y laboratorio de alta tecnología, y sus unidades están localizadas en las áreas de mayor desarrollo (p. S212)

3.3. ÁREAS DEL HOSPITAL

Hoy en día, los hospitales están organizados de manera que los distintos servicios que se ofrecen estén clasificados y separados por áreas. Esta organización sugiere un aprovechamiento de los espacios y la posibilidad de la planificación estratégica del recurso humano. Las áreas que con más frecuencia se encuentran en los hospitales son enlistadas a continuación:

3.3.1. REHABILITACIÓN

El área de rehabilitación está destinada a todas aquellas actividades encaminadas a restaurar la integridad de los pacientes que han sufrido un trauma muscular. Según Arellano et al. (2010), la fisioterapia se define como una terapia física que utiliza el movimiento para fines curativos (p. 2).

Él menciona que el tratamiento fisioterapéutico tiene como misión, la mejora gradual "de trastornos funcionales del organismo, el incremento de la resistencia de los enfermos, la prevención de una disminución del rendimiento y el mantenimiento de las capacidades, incluso si están limitadas por trastornos irreversibles de los órganos" (Arellano et al., 2010, p. 2).

Arellano (2010) argumenta que en la fisioterapia, los medios que se emplean para el tratamiento físico son diversos. Estos usualmente cuentan con un amplio número de técnicas, las cuales utilizan herramientas de apoyo, como las utilizadas en terapias manuales o en gimnasioterapia.

Los aparatos o dispositivos utilizados interactúan con el paciente específicamente para la terapia mecánica, la cual consiste en leves movimientos controlados. Estos dispositivos se encuentran dentro de una extensa gama de sistemas que se dividen en simples piezas de funcionamiento mecánico hasta complejos sistemas electrónicos.

Según Arellano (2010), se puede definir el uso de los dispositivos mecánicos para la realización de las técnicas de tratamiento como la mecanoterapia. La mecanoterapia tiene como objetivo, dirigir y provocar movimientos corporales regulados en fuerza, trayectoria y amplitud. Los

dispositivos utilizados permiten reemplazar la acción humana de resistencia o de ayuda aportada a la ejecución de un movimiento (generalmente movimientos sencillos), pero que consisten en altas repeticiones y puede resultar agotador para el fisioterapeuta. (Arellano et al., 2010)

Arellano (2010) también afirma lo siguiente:

La rehabilitación tras el ejercicio puede conseguirse mediante la recuperación pasiva y la recuperación activa. La recuperación pasiva se consigue con una inactividad física completa, mientras que la activa se logra a través del ejercicio aerobio. La recuperación pasiva se puede considerar más eficaz que la recuperación activa, para estimular las reacciones tales como la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno a niveles basales.

El uso de estos aparatos son puntos clave en la rehabilitación de patologías que limitan el funcionamiento del cuerpo humano perdido por una enfermedad congénita o adquirida, ya que son material de apoyo tanto para el paciente como para el especialista. El especialista establece un diagnóstico y considera o no necesario el implemento de rehabilitación terapéutica, ya sea como tratamiento medicado o recomendaciones, las cuales pueden ser postoperatorias para recuperar o mejorar la movilidad de alguna articulación o el miembro en general.

El entrenamiento con aparatos se aplican estímulos de aproximación y de estiramiento. Los patrones de secuencia son muchas veces incompletos. Pero, aun así, el trabajo con patrones y diagonales incompletas tiene sentido. Es frecuente el uso de aparatos que suplen de alguna manera el déficit en motores no recuperados por el paciente. En general se trata de déficit que afecta a la musculatura distal de las extremidades superiores.

3.3.2. RADIOLOGÍA

Una de las áreas más transitadas en los hospitales suele ser el área de radiología. Esto se debe a que, en la mayoría de los casos, para lograr precisar diversas patologías para posteriormente aplicar un tratamiento adecuado, es necesaria una examinación previa que muestre el estado interno del paciente.

Mohammad (2022) expone que la radiografía es una parte de las modalidades de imágenes médicas, que utiliza rayos X para obtener imágenes de las partes internas del cuerpo del paciente. La obtención de las imágenes médicas se logra través de un proceso de penetración y atenuación de rayos X en el interior del cuerpo. Los rayos son disparados por una máquina, cruzan por el cuerpo del paciente a diferentes velocidades dependiendo de la densidad del órgano, grosor y la densidad electrónica de este. El hueso y el tejido denso se visualizan claramente durante esta modalidad de forma distinta a los demás tejidos.

Los rayos llegan finalmente a un detector que se encarga de la formación de imágenes mediante una conversión de datos que concluye en la proyección de las atenuaciones recogidas en el disparo. Las imágenes de rayos x consisten en contrastes de los diferentes tejidos en la anatomía humana y se utilizan comúnmente para precisar anomalías en los cuerpos de los pacientes.

Según Oglat (2022):

Los métodos de diagnóstico más efectivos en el campo de la medicina son las técnicas de diagnóstico por imágenes como la radiografía, la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) y la medicina nuclear, que se utilizan para visualizar el cuerpo interno para diagnosticarlo, determinar el tratamiento potencial y evaluar y pronosticar los resultados de la atención (p. 1)

Los servicios de radiología no se limitan al diagnóstico de patologías solamente. La radiología comprende también procedimientos que utilizan radiación en distintas presentaciones para tratar y eliminar diversas patologías (como el cáncer o problemas en dermatología).

Marín et al., (2009) afirma que el mecanismo por el cual las radiaciones ionizantes producen muerte celular es el daño al ADN. Daños en el ADN permiten eliminar células cancerígenas, por ejemplo. Este afecta más a las células tumorales de mayor actividad mitótica e indiferenciadas. También afirma que el suministro de radioterapia en dosis fraccionadas permite aumentar la eficacia y la tolerabilidad del tratamiento; esquemas más fraccionados en dosis bajas por sesión ayudan a minimizar los efectos secundarios que pueden surgir (p. 166).

3.3.3. LABORATORIO

Los laboratorios clínicos suelen ser otras de las áreas más concurridas en los hospitales, precisamente por el mismo motivo de la zona de radiología: Todo procedimiento o intervención médica requiere primero un diagnóstico, el cual se puede obtener a través de imágenes médicas o pruebas de laboratorio.

Killeen (2018) menciona que la medicina moderna depende mucho del laboratorio clínico como un componente clave de la atención a la salud. Él estima que, en la práctica actual, al menos 60 a 70% de todas las decisiones clínicas dependen en cierta medida de un resultado de laboratorio. Para muchas enfermedades, el laboratorio clínico proporciona información diagnóstica esencial.

Killeen (2018) también ejemplifica los casos, entre estos: el análisis histopatológico el cual aporta información básica sobre el tipo histológico y la clasificación de tumores y de su grado de invasión a los tejidos adyacentes. Las pruebas microbiológicas sirven para identificar organismos infecciosos y conocer su susceptibilidad a los antibióticos. Esto es de gran ayuda para el estudio de los virus y las bacterias.

Killeen,(2018) también habla sobre guías de referencia para el diagnóstico que dependen de valores definidos de laboratorio clínico; por ejemplo, la glucosa sanguínea o el porcentaje de hemoglobina que representan la base para el diagnóstico de diabetes mellitus; la presencia de anticuerpos séricos específicos es necesaria para el diagnóstico de muchas enfermedades reumatoides; la concentración sérica de marcadores cardiacos son la base para el diagnóstico de síndromes coronarios agudos etc.

Quiroz-Arias (2010) expone lo siguiente en su artículo sobre errores pre-analíticos en laboratorios clínicos de tercer nivel:

La gestión de calidad en los laboratorios clínicos implica el control del proceso en su totalidad, incluyendo las fases preanalítica, analítica y postanalítica. La fase preanalítica corresponde a todos los pasos que se deben seguir en orden cronológico, partiendo desde la solicitud del examen por parte del clínico, preparación del paciente, toma de muestra, transporte hacia y dentro del laboratorio, y termina cuando se inicia el procedimiento analítico. La fase analítica involucra el análisis de la muestra o espécimen, realizado por

personal competente, y la fase postanalítica, la revisión del informe, la validación del resultado por parte del analista y su liberación para la entrega al usuario (p. 190)

3.3.4. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

La unidad de cuidados intensivos (UCI) es la zona del hospital encargada de tratar a los pacientes que se encuentran es estado más crítico. Huppert (2022) enlista en sus notas sobre fisiopatología, los objetivos de la atención en la unidad de cuidados intensivos:

- Estabilizar, diagnosticar y tratar a pacientes con enfermedades agudas que ponen en riesgo la vida, una extremidad o un órgano
- Monitorizar a los pacientes con altas posibilidades de desarrollar enfermedades que ponen en riesgo la vida, una extremidad o un órgano
- Evitar las complicaciones relacionadas con la atención de pacientes en estado crítico
- Proporcionar atención médica cuidadosa para pacientes al final de la vida.

Huppert (2022) también enlista las indicaciones comunes para la hospitalización en la unidad de cuidados intensivos. El menciona la necesidad de ventilación mecánica o la no invasiva y la de administrar fármacos vasoactivos, vigilancia que rebasan las capacidades de las áreas de hospitalización o de otras unidades médicas y las anomalías persistentes en los signos vitales.

García & Torres (2017) afirman lo siguiente:

En la UCI se encuentran los pacientes que requieren cuidado constante y atención especializada durante las 24 horas del día debido a que su estado es crítico. Es un sector en el que trabajan profesionales especializados y educados para dar la atención debida a los pacientes. En estas áreas laboran médicos, enfermeras y distintos técnicos y paramédicos entrenados en medicina intensiva. Reciben el nombre de intensivistas y típicamente tienen formación previa en medicina interna, cirugía, anestesiología o medicina de urgencias. La población de enfermos candidatos a ser atendidos en las unidades de cuidados intensivos se selecciona de manera variable dentro de cada institución, dependiendo de las características de la misma, pero suele incluir una valoración objetiva, reproducible y cuantificable de la gravedad de los pacientes, la

necesidad de esfuerzo terapéutico y los resultados medidos como supervivencia y calidad de vida posterior (pp. 172-173)

3.3.5. QUIRÓFANOS

A. García (2017) afirma que los procedimientos quirúrgicos deben efectuarse en áreas especializadas de los hospitales, en las cuales se debe contar con instalaciones diseñadas para facilitar el aislamiento bacteriológico. En esta misma área deben estar instalados los servicios de apoyo tecnológico y material para que las intervenciones se realicen en condiciones óptimas. Estas áreas son los quirófanos.

Los quirófanos, también llamados sala de operaciones, son las áreas del hospital designadas a los procedimientos quirúrgicos en pacientes cuya patología exige intervención en el interior de su cuerpo. Estas áreas suelen contar con tecnologías que permiten el control de los microorganismos como son los sistemas de aireación que no permite la recirculación del aire y los sistemas de filtros, además de otros sistemas de automatización que permiten brindar un servicio de cirugía más seguro para el paciente y más fácil para el cirujano.

Los quirófanos son zonas que han evolucionado mucho con el tiempo. En la era moderna, estos suelen estar restringidos para los involucrados en la cirugía, o sea el personal médico y el paciente. Según García (2017), los quirófanos antiguos tenían forma de anfiteatro, lleno de espectadores observando los procedimientos quirúrgicos como se muestra en la ilustración 1.

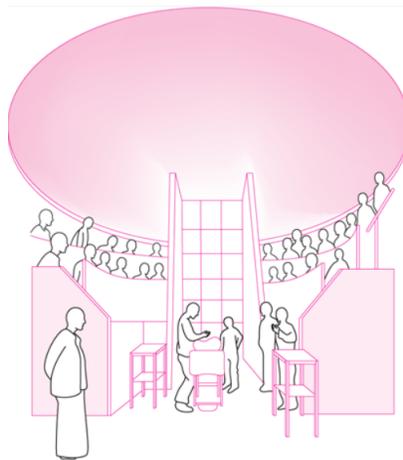


Ilustración 1- Quirófano en la antigüedad

Fuente: (A. García, 2017)

3.4. EQUIPOS MÉDICOS COMUNES EN HOSPITALES

Cada área del hospital cuenta con distintos equipos médicos de distintas complejidades. Estos son vitales para su zona, pues el personal médico no sería capaz de efectuar la mayoría de sus actividades designadas sin las herramientas necesarias.

3.4.1. MONITOR DE SIGNOS VITALES

El monitoreo de las variables vitales de los pacientes es una de las tareas más ordinarias en los hospitales. Para poder tomar las lecturas de dichas variables, es necesario de cierto adiestramiento en el uso de la instrumentación para la medición o, en su defecto, sería necesario conocer cómo operar un monitor de signos vitales (Nandi, 2016). La ilustración 2 muestra un monitor de signos vitales (MSV) que es capaz de medir múltiples parámetros de un paciente.



Ilustración 2. Monitor de signos vitales multiparamétrico

Fuente: (*Monitor multiparametro de signos vitales vitalife, s. f.*)

Nandi (2016) expone que los monitores de signos vitales (MSV) permiten conocer el estado de parámetros biomédicos del cuerpo humano como ECG (Electrocardiograma), SpO2 (saturación de oxígeno), frecuencia cardiaca, presión arterial, niveles de glucosa y temperatura. estos son esenciales en el tratamiento de enfermedades crónicas. En la mayoría de los casos, estos equipos son de carácter transportable poder obtener dichos parámetros biomédicos en cualquier instante y lugar, y así poder incrementar la longevidad de los seres humanos (Rebolledo Nandi, 2016).

3.4.2. MÁQUINA DE ANESTESIA

La máquina de anestesia es un equipo complejo y robusto que permite la administración de distintos, como los gases médicos (aire, oxígeno [O₂] o de una mezcla de aire-O₂), gases anestésicos (protóxido de nitrógeno [N₂O], xenón [Xe]) y agentes anestésicos por inhalación (o agentes volátiles halogenados). Usualmente, esto tiene como objetivo suministrarle al paciente gases que ayuden a facilitar los procedimientos quirúrgicos. La máquina de anestesia también permite la ventilación espontánea o controlada, manual o mecánica, funcionando así, como un ventilador mecánico (Beaulieu et al., 2013).

Una máquina de anestesia completa consta de un sistema (o módulo) de alimentación de gas fresco (con conectividad a tomas de pared o cilindros de gas) uno o dos sistemas (o circuitos) anestésicos, válvulas antirretorno, manómetros, un ventilador y un sistema anticontaminación. También debe estar equipado con monitores que garantizan la monitorización de los signos vitales del paciente, así como con un aspirador reservado para uso anestésico y un sistema que recibe los desechos.

El conjunto de estos componentes constituye el mínimo necesario para garantizarle al paciente un suministro seguro y adecuado de los gases requeridos. La ilustración 3 muestra el circuito que recorre el gas desde el suministro hasta el paciente en estas máquinas, donde se pueden observar manómetros y válvulas en la trayectoria.

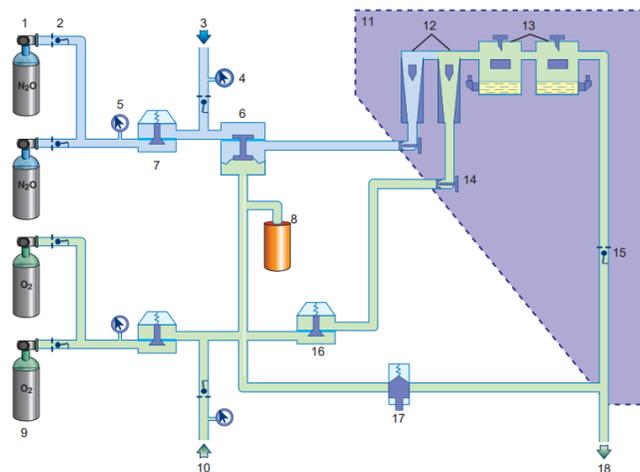


Ilustración 3. Diagrama general de una máquina de anestesia

Fuente: (Beaulieu et al., 2013)

3.4.3. BOMBA DE INFUSIÓN

Según Ochoa Quezada (2013), las bombas de infusión son elementos imprescindibles en los hospitales. El principio de funcionamiento de estos equipos se basa en la utilización de energía artificial (eléctrica) para proveer presión positiva a distintos líquidos que se les suministran a los pacientes. Estas cuentan con mayor exactitud y seguridad en el momento de infundir por vía intravenosa, subcutánea, intraperitoneal o intrarraquídea a diferencia de otros métodos más tradicionales.

Ochoa Quezada (2013) expone que las bombas pueden ser peristálticas (que comprimen un conducto flexible de forma progresiva para desplazar el contenido), bombas volumétricas (que utilizan un infusor electrónico para generar el movimiento) o de jeringa (que utilizan un microprocesador que controla un motor). También es común ver bombas elastoméricas, bombas de casete o de asa en lugares que disponen de estas.

Las bombas peristálticas están diseñadas para la administración de mezclas por medio de sondas naso gástricas. Las bombas de jeringa permiten controlar el embolo de una jeringa y por eso son comúnmente utilizadas cuando se requiere suministrar volúmenes bajos y tasas de flujo bajas.

3.4.4. DESFIBRILADOR

La desfibrilación puede ser definida como el paso de una corriente eléctrica a través del corazón, para conseguir una despolarización global de las células cardíacas que interrumpa la actividad eléctrica anárquica producida por determinadas arritmias. La desfibrilación se utiliza en casos de parada cardiorrespiratoria.

El desfibrilador más común es el desfibrilador externo automático (DEA). Este dispositivo trabaja mediante la colocación de parches o electrodos en el pecho del paciente. Es capaz de analizar el ritmo cardíaco, la fibrilación ventricular y puede administrar una descarga eléctrica cuando detecta un ritmo desfibrilable. De la misma manera, el DEA puede otorgar indicaciones mediante indicaciones por voz o escritas en el dispositivo, y en algunos dispositivos puede brindar retroalimentación durante la reanimación o hasta servir como un modelo híbrido MSV-Desfibrilador, dependiendo del modelo (Morales & Escalante-Kanashiro, 2021).

3.4.5. ELECTROCAUTERIO

Los electrocauterios son equipos comúnmente vistos en los quirófanos. Cervantes-Sánchez et al., (2002) afirman que estos se utilizan en los procedimientos quirúrgicos ya que permiten sustituir a los bisturís convencionales. Los electrocauterios dividen o "cortan" tejido mediante la utilización de energía creada por una corriente alterna de alta frecuencia. Dicha frecuencia incrementa la temperatura tisular con la punta del instrumento para lograr lesionar y dividir la membrana celular. Según Cervantes-Sánchez et al., (2002) su función exacta varía en si se habla de un equipo monopolar o bipolar, pues los distintos tipos pueden usarse para seccionar tejido o para coagular vasos sanguíneos, respectivamente, pero el principio de funcionamiento es siempre el mismo.

3.4.6. VENTILADOR MECÁNICO

Según Mariño Alvarez (2022), "el ventilador mecánico es un equipo médico muy utilizado en las UCIS de muchos recintos hospitalarios en el país para poder realizar terapia ventilatoria a pacientes que no pueden respirar por sus propios medios" (p. 1).

Muñoz (2011) define al ventilador mecánico como una máquina capaz de suministrar un soporte ventilatorio y oxigenatorio, para facilitar el intercambio gaseoso y el trabajo respiratorio de los pacientes que sufren de insuficiencia respiratoria. El ventilador mecánico, mediante la generación de una gradiente de presión entre dos puntos (boca / vía aérea – alvéolo) logra producir un flujo por un determinado tiempo. Esto genera una presión que sobrepasa las resistencias al flujo y las propiedades elásticas del sistema respiratorio, obteniendo así un volumen de gas que entra y luego sale del sistema según determinadas condiciones de volumen, presión, flujo y/o tiempo.

3.4.7. ECÓGRAFO

Los ecógrafos (comúnmente referidos como equipos de ultrasonido) son equipos de diagnóstico médico capaces de realizar exploraciones en la anatomía interna de las personas. Su principio de funcionamiento se basa en la emisión de ondas de ultrasonido que penetran los tejidos corporales, rebotan en los órganos y regresan al equipo, donde un receptor se encarga de interceptar las ondas incidentes para generar una imagen en tiempo real de la anatomía interna de los pacientes.

3.5. LA INGENIERÍA BIOMÉDICA

La presencia de equipo multidisciplinario que perciba y ataque las carencias y las oportunidades de las instituciones de la salud para procurar un constante desarrollo con respecto a las tecnologías médicas de dicha institución. Es aquí donde se desenvuelve el desarrollo de la ingeniería biomédica.

3.5.1. ROL EN EL SECTOR DE LA SALUD

Según Bavestrello y Carvajal (2018), el concepto de “calidad en salud” era un término desconocido para la mayoría hasta verse en la reforma de la salud pública. Aquí, el mundo se dió cuenta de la importancia de mantener un programa de mantenimiento preventivo del equipamiento crítico de las instituciones de la salud. Bajo este concepto, se ha estado utilizando al ingeniero biomédico (o bioingeniero) en los hospitales, sin abrir la posibilidad al potencial que podría éste generar en beneficio de los mismos, y transformar la ingeniería clínica.

Bavestrello y Yuri Carvajal (2018) también afirma que es deber de la bioingeniería detectar necesidades de capacitación usuaria y entrenamiento biomédico avanzado para el equipo técnico. Con objetivo de crecimiento y desarrollo, se debe asimilar el concepto de entrenamiento avanzado en bioingeniería y tener en cuenta que se debe efectuar una fuerte inversión en esta área, como, por ejemplo, capacitar en temas avanzados como la resonancia magnética, al personal en países con desarrollo de estas tecnologías.

Según Gismondi Glave, (2010):

La ingeniería biomédica es la rama de la ingeniería que implementa los principios de las tecnologías al campo de la medicina. Se dedica fundamentalmente al diseño y construcción de equipos médicos, prótesis, dispositivos médicos, dispositivos de diagnóstico (imagenología médica) y de terapia. También interviene en la gestión o administración de los recursos técnicos ligados a un sistema de hospitales. Combina la experiencia de la ingeniería con necesidades médicas para obtener beneficios en el cuidado de la salud.

Las actividades que eso incluye van desde la aplicación de métodos matemáticos y la ciencia experimental hasta el desarrollo tecnológico y las aplicaciones clínicas. La Ingeniería biomédica en la actualidad incorpora otras disciplinas que conforma la telemedicina, ya que, a través de telecomunicaciones, electrónica e informática, entre otras ramas de la ingeniería, se facilita la resolución de problemas en biología y medicina a grandes distancias (p. 103)

Gismondi (2010) define a el ingeniero biomédico como aquel capaz de aplicar principios eléctricos, mecánicos, ópticos, y otros propios de la ingeniería para entender, modificar o controlar sistemas biológicos, así como ser capaz de diseñar y manufacturar dispositivos que puedan monitorear las funciones fisiológicas y asistir en el diagnóstico y tratamiento de pacientes.

Estas definiciones anteriores exponen el deber de los ingenieros biomédicos de realizar tareas de carácter tanto administrativo como técnico, siempre dentro del capó de las tecnologías médicas.

Bavestrello y Carvajal (2018) concluyen que la correcta y oportuna aplicación de la bioingeniería puede permitirle a un hospital lograr una optimización de los recursos monetarios, reparando, evaluando y diagnosticando las tecnologías biomédicas y tomando la mejor decisión en la ejecución de las compras y reposiciones de estas.

3.5.2. DIFICULTADES DE DESARROLLO

Gismondi Glave (2010) expone que existe una noción distinta de lo que el ingeniero biomédico "debe saber" que es igual o aún menos favorable. Esta se centra en que el ingeniero debe "sabe hacer de todo". Debido a la faceta multidisciplinaria de la especialidad de ingeniería en biomédica, muchas personas piensan que el ingeniero biomédico debe ser un experto en cada rama de la ingeniería asociada a la especialidad. Esto, en múltiples ocasiones propicia descontento del personal involucrado con ingenieros biomédicos en el grado de conocimiento.

En cuanto al desarrollo, Gismondi Glave (2010) argumenta que, una vez se solventa un problema y se define una ruta adecuada para su corrección en eventos repetidos, no habrá manera de seguir avanzando. Se estará siempre bajo la concepción de "tapar el agujero nuevo" o ejercer el

mantenimiento correctivo de los equipos, en lugar de mejorar la base o los cimientos con vías de estudio innovadoras.

Según Salinas, (2015), el concepto de ingeniero biomédico está aún lejos de estar claramente definido para el público en general en la mayoría de lugares, pues es muy común que un ingeniero biomédico al presentarse como tal se encuentre con la pregunta: "¿Y de que se trata su carrera?" O el comentario "Claro, es el encargado de reparar el equipo médico".

3.5.3. INGENIEROS BIOMÉDICOS EN HONDURAS

La tecnología hospitalaria es un tema en constante desarrollo. Como se habló previamente, los países con menor desarrollo todavía se encuentran en sus inicios de entender el impacto del ingeniero biomédico en el hospital. Gismondi (2010) afirma que en los hospitales de Honduras, la gran mayoría del personal en las áreas de biomédica no son ingenieros biomédicos propios. Esto último resulta como producto del tardío apareamiento y formalización de la especialidad. Aquellos que se han logrado incorporar a dichos ambientes lo han hecho como técnicos en el área de mantenimiento.

Esto afecta al rubro biomédico moderno, pues se les adjudica la tarea de cambiar la imagen del ingeniero biomédico como un ingeniero que debe "reparar" equipo como su único rol, más como un técnico o personal auxiliar.

Salinas (2015) también argumenta lo siguiente:

Está supuesto que el ingeniero biomédico debe solventar la necesidad del sector salud acorde a la región o país donde se desarrolla la especialidad, en Honduras la organización y reestructuración de dicho sector es primordial. Es correcto afirmar que una de las áreas de mayor interés para la ingeniería biomédica en Honduras se debe centrar en el estudio de la ingeniería clínica; por este motivo se prestará primeramente atención al rol del ingeniero biomédico como ingeniero clínico. Otro sector importante en salud es el área de imagenología médica, en la cual Honduras ha realizado importantes inversiones en los últimos 5 a 10 años ya sea en centros privados o en centros públicos con la adquisición de sistemas avanzados de Imagenología como aceleradores lineales y una fuerte inversión en el área de resonancia magnética nuclear y radiología por radiación X.

Ahora se puede hacer la siguiente pregunta: "¿Cuál es entonces el rol del ingeniero biomédico en la sociedad?". Ya se ha mencionado que el ingeniero biomédico debe ser un intermediario entre la tecnología y el usuario final, que debe suplir la demanda que el sector actual le provee, que debe tener como bases del conocimiento la ingeniería clínica, la imagenología médica y la rehabilitación clínica y que debe dar respuesta a los problemas encontrados en estas áreas. Entonces se dirá que el ingeniero biomédico tiene la responsabilidad ética y moral de proveer a la sociedad con soluciones integrales a los problemas que aquejan a la misma; que sean sostenibles y adecuadas al ambiente donde se desarrollan sus actividades y que cumplan con los requisitos actuales y futuros para garantizar la calidad en el servicio provisto a pacientes y personal del sector salud. (p. 168)

3.6. EL FUTURO EN BIOMÉDICA

Según Gismondi Glave (2010), el siguiente paso en la ingeniería siempre es la investigación y aunque es cierto que en países en vías de desarrollo es un poco más difícil de lograr, es aquí donde el rol del ingeniero biomédico realmente logra resaltar. Las ramas de evolución de la ingeniería biomédica se muestran en la ilustración 2.

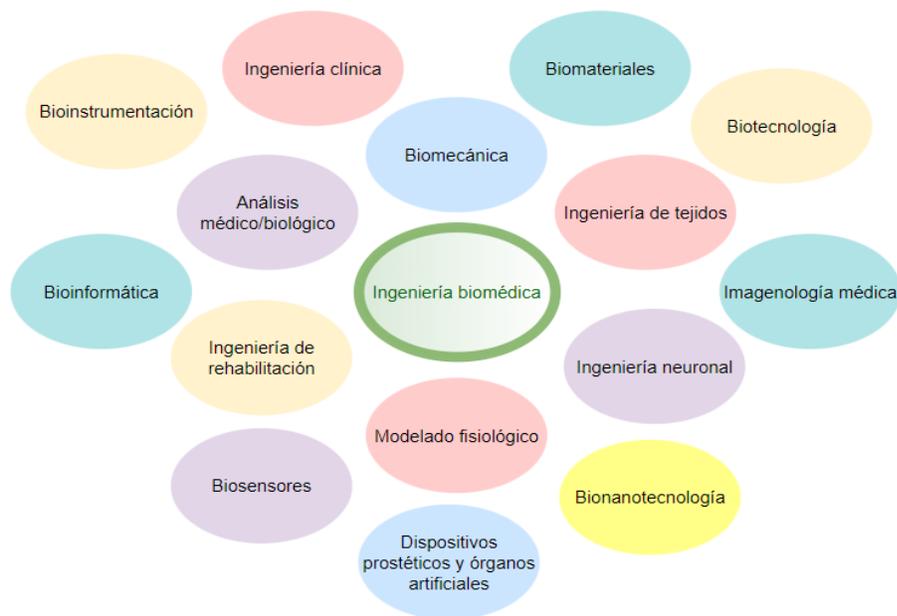


Ilustración 4- Ramas de la ingeniería biomédica

Fuente: (Salinas, 2015)

3.6.1. INGENIERÍA DE TEJIDOS Y LOS BIOMATERIALES

En diversas ocasiones, las enfermedades pueden alterar el organismo humano y descontrolarlo por completo. Según Ochoa et al. (2015), muchas enfermedades de origen infeccioso/genético/degenerativo/agresiones físicas o químicas pueden dar lugar a alteraciones (o pérdidas) de las células de los tejidos u órganos. Consecuentemente, se altera la función primordial del órgano afectado y se reduce la calidad de vida.

Ochoa et al. (2015) explican que la ingeniería de tejidos es un método de medicina regenerativa, junto a la terapia celular y la regeneración tisular guiada. La ingeniería tisular tiene como objetivo la construcción de tejidos *in vitro* que permitan restaurar, sustituir o incrementar las actividades funcionales de los propios tejidos orgánicos. "Básicamente, la ingeniería tisular consiste en cultivar células en una matriz tridimensional enriquecidas con factores de crecimiento, en donde estas células pueden crecer y así posteriormente el tejido artificial desarrollado se trasplanta a un órgano receptor" (Ochoa et al., 2015, p. 62).

En síntesis, la ingeniería de tejidos se resume en el uso de células, factores de crecimiento y biomateriales para generar tejidos biocompatibles que ayuden a reemplazar tejidos enfermos o lesionados.

Sepúlveda-Arias et al. (2020) definen a los biomateriales como "una sustancia de origen natural (cómo colágeno o proteínas) o sintético (cómo algún metal o cerámica) que puede ser implantado en el cuerpo, con el objetivo de reemplazar o reparar un tejido u órgano alterados" (p. 285). Estos se esperan tengan un gran crecimiento productivo en el campo de la salud por su compatibilidad biológica, estabilidad química, resistencia mecánica y la propiedad de carecer de toxicidad. Un ejemplo muy común de su aplicación es en el reemplazo de válvulas cardíacas dañadas.

3.6.2. INGENIERÍA NEURONAL

Las redes neuronales son un tema relativamente complejo. Matich, (2001) define a las redes neuronales como una nueva forma de computación, inspirada en modelos biológicos o un modelo matemático que está compuesto por un gran número de elementos procesales organizados en niveles. Sierra Ramos (2022) argumenta que "la pieza básica sobre la que se

desarrollan las redes neuronales es la neurona artificial, la cual puede ser entendida no como una estructura física sino como una función que trata de modelar matemáticamente el funcionamiento de una neurona del cerebro humano” (p. 8).

3.6.3. BIONANOTECNOLOGÍA Y BIOSENSORES

Según Cerón Quispe (2010), la Bionanotecnología es considerada la medicina del futuro. Esta se presenta como una fusión de la nanotecnología con la biotecnología en la cual se destaca y sobresale en la contribución a la ciencia en el desarrollo tecnológico. Se fundamentan en la utilización de estructuras biológicas como ser las proteínas ATP, DNA, etc. Se puede ver su progreso en los rayos láser, trampas ópticas, barrido electrónico, etc.,

La nanotecnología se ha desarrollado mucho en el mundo de la medicina, especialmente en el ámbito farmacéutico. Según Segovia (2009), un ejemplo de la ayuda de bionanotecnología en la medicina se muestra en el estudio de los mecanismos de interacción entre un grupo de nanocápsulas cargadas de moléculas farmacológicamente activas y los diversos tejidos corporales. Estas nanocápsulas son tan pequeñas que son capaces de atravesar las mucosas y pasar rápidamente al torrente sanguíneo a través de los vasos capilares. De esta manera, cuando un grupo de moléculas activas encerradas en nanocápsulas biodegradables se dirigen e inciden en los tejidos del organismo, las cápsulas liberan moléculas que inciden sobre los microorganismos patógenos o los virus, destruyéndolos.

Quispe (2010) argumenta que el éxito del crecimiento de la bionanotecnología tiene como responsable a los nanobiosensores. Estos dispositivos que son basados en propiedades ópticas, son capaces de detectar en tiempo real y con una alta sensibilidad y selectividad agentes químicos y biológicos, esto unido a su tamaño nanoscópico permitirían ser introducidos fácilmente en el interior del cuerpo humano. La ilustración 3 muestra un nanobiosensor fotónico que hace uso de la forma en que las guías de onda transmiten luz para propagar una onda evanescente.

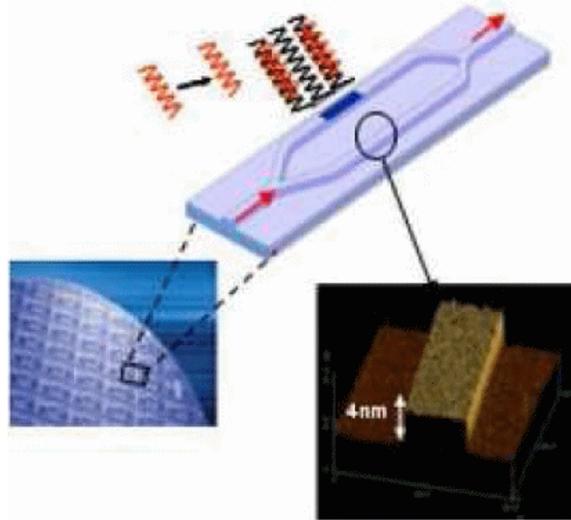


Ilustración 5. Nanobiosensor óptico

(Cerón Quispe, 2010)

Estas subdivisiones de la ingeniería biomédica demuestran el vasto mundo a explorar en los distintos estudios de postgrado. La posterior especialización por parte de los ingenieros biomédicos egresados propicia el desarrollo de las tecnologías médicas en general y de esta manera, la profesión puede adquirir, poco a poco, la distinción de la cual todavía carece en los países en desarrollo.

IV. DESARROLLO

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

El hospital y clínicas Vieras es una institución con una alta demanda en servicios diagnósticos y terapéuticos, proveyendo así métodos para detectar patologías y atenderlas acorde.

El trabajo desarrollado durante las 10 semanas comprendió actividades administrativas y técnicas. El trabajo se dividió mayormente en recaudación de datos, mantenimientos correctivos y mantenimientos preventivos. A continuación, se muestra una bitácora donde se detallan las distintas actividades realizadas, clasificadas por semana en que se efectuaron.

4.2. SEMANA 1

Se asistió al mantenimiento preventivo de un ventilador mecánico Puritan Bennett 980 Series por parte de un proveedor externo (Farinter). Se utilizó un simulador de paciente y se realizaron pruebas de ATC (autotest corto) y el ATG (autotest global). El ATC se asegura de que no haya fugas en el circuito del paciente y calibra el circuito. Además, mide la resistencia del filtro espiratorio. El ATG es una prueba más detallada para verificar que todo funciona correctamente después de haber solucionado un fallo o haber abierto el equipo. Se hizo limpieza de los módulos del ventilador.

Se analizaron dos monitores Sinohero H8. Estos estaban presentando fallas, pues al conectarlos al toma de pared, estos no lograron encender su monitor. Se revisaron las tarjetas para detectar quemaduras.

También se revisó un monitor Mindray MEC-1200 y se determinó, mediante un icono desplegado en la pantalla y pruebas de funcionamiento, que la batería del equipo había dado su vida útil y requería reemplazo. Se realizó una cotización de la batería.

Se conoció al personal de las distintas áreas del hospital. Se hizo un recorrido a través de las distintas áreas. Se asistió al proyecto de renovación de infraestructura de la zona de Maternidad en el 4to piso. Se asistió a un trabajo de mantenimiento en techos debajo de la zona de radiología, para tapar huecos en los que puede entrar radiación a un área adyacente.

Jueves

Se revisaron dos calentadores de compresas que se reportaron con fallas en la zona de rehabilitación. Según los usuarios, los calentadores elevaban su temperatura hasta el punto que se activaba la alarma y era necesario reiniciar el equipo. Se estima que un reemplazo del termostato puede ser la solución. Se espera confirmación de permiso para revisión y adquisición del elemento. Uno de los dos hidrocoladores es mostrado en la ilustración 7.

Se analizó también un monitor fetal que, según los usuarios, este activaba su comando de botón de forma no solicitada.



Ilustración 6. Hidrocolador Chattanooga

Fuente: Elaborado por el autor.

Se realizó mantenimiento correctivo del monitor fetal previamente recogido en hospitalización. Se precisó la falla después de analizar la falla y la integridad del cable que conecta el botón y el monitor. Se procedió a reforzar la conexión mediante la unión de los contactos con estaño, pero posteriormente, se optó por reemplazar el botón con uno que estaba en desuso, pues el original estaba dañado y le faltaba una pieza resorte. Se devolvió el monitor a hospitalización. Imágenes de la reparación se muestran en la ilustración 7.

También se supervisó un trabajo de mantenimiento correctivo en 4 bombas Samtronic Icatu S por parte del proveedor externo DIMEX.



Ilustración 7. Reemplazo de botón en monitor fetal

Fuente: Elaborado por el autor.

4.3. SEMANA 2

Se analizó el problema reportado en un autoclave de plasma en la central de equipos y esterilización. Se determinó que los usuarios estaban introduciendo material no aceptado por el autoclave y se espera un trabajo de inspección profunda y mantenimiento posterior.

Inicio de actualización del inventario de equipos médicos del hospital. Se abarcó el área de EMERGENCIA en el primer piso del hospital. Se registraron equipos como: monitores de signos vitales, camillas de paciente, desfibriladores, entre otros. Se encontró un ecógrafo deambulante, que, en ese entonces, se encontraba en la sala de emergencia.

Continuación de actualización del inventario de equipo médico. Se abarcó el área de radiología en el primer piso del hospital. En esta sala se encontraban equipos tales como el tomógrafo computarizado, mamógrafos digitales y convencionales, ultrasonidos, etc.

Comprobación del funcionamiento de un electroencefalograma Neuron-Spectrum-4/P que había sido reportado como defectuoso en el área de PRUEBA Y ESFUERZO. Se conectaron los distintos electrodos y se situaron sobre un gel conductor para visualizar en la computadora la actividad de

los electrodos. Todos se presentaron como funcionales. Se devolvió el equipo. El electroencefalograma se muestra en la ilustración 8.

También se realizó una revisión de un Ecógrafo General Electric. El equipo desplegaba un comando continuo sin poder detenerlo. Se realizó un reinicio del equipo y limpieza externa para corregir el error. Posteriormente se devolvió el equipo a su sala.



Ilustración 8. Electroencefalograma Neuron-Spectrum

Fuente: Elaborado por el autor.

Se empezó a organizar los distintos archivos de las gestiones hospitalarias realizadas desde el año 2020 hasta 2022. Estos se agruparon en distintas categorías: Cotizaciones, ordenes de trabajo internas/externas, referencias técnicas, entre otros.

Continuación de actualización de inventario de equipos médicos. Esta vez, en el área de Laboratorio. Se encontraron diversos equipos de análisis, como los analizadores de hemoglobina, electrolitos, de gases en sangre, centrífugas, una cabina biológica, microscopios, etc.

4.4. SEMANA 3

Se supervisó el mantenimiento correctivo de ventiladores mecánicos Puritan Bennett series 800 y 980. Se realizaron pruebas ATC (autotest corto) y ATG (autotest global) para comprobar la funcionalidad del equipo. El autotest corto consiste en pruebas internas para verificar el funcionamiento de sensores, el filtro espiratorio, circuito del paciente y comprobar que no haya fugas. El autotest global es una comprobación mas detallada de los subsistemas del ventilador y

requiere intervención del operador. Este verifica el sistema neumático, la memoria, sistema de seguridad, dispositivos análogos y digitales, fuentes de alimentación, etc.

Fue necesario trasladar un cilindro de aire medicinal al área donde se encontraba el ventilador, pues el MC lo requiere. Esto se evidencia en la ilustración 9.

Se realizaron cotizaciones de equipos que presentaban fallas en la zona de REHABILITACIÓN. Entre estos, máquinas calentadoras de compresas, una mesa de Kanavel, reparación o sustitución de máquinas de tracción Vari-Trac con proveedores externos (Innovaciones médicas).

Según un posterior análisis, la mesa de Kanavel vería oportuno cambiar los hilos y los ganchos con los que cuenta, pues estos suelen resultar cortos para su funcionalidad en algunos procedimientos.

Las mesas de tracción reportadas presentan fallas en su sistema interno. Una presenta fallas de computadora.



Ilustración 9. MP de ventilador mecánico

Fuente: Elaborado por el autor.

Se realizó mantenimiento correctivo del control de un artromotor Artromot-K4. Se desarmó el control y se reforzaron las zonas de contacto con estaño. La ilustración 9 muestra el artromotor y el error desplegado. El artromotor se muestra en la ilustración 10.

Continuación de actualización de inventario de equipos médicos, ahora en la zona de CEDICAR (centro de diagnóstico e intervenciones cardiológicas). En CEDICAR se encontró un angiógrafo, desfibrilador, monitores, bombas de infusión, etc.



Ilustración 10. MC de artromotor

Fuente: Elaborado por el autor.

Continuación de actualización de inventario de equipos médicos en la zona de UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS y en el área de MATERNIDAD. En estas áreas, se encontraron los comunes monitores de signos vitales, camillas, desfibriladores, máquinas de anestesia, incubadoras térmicas, entre otros.

Continuación de actualización de inventario de equipos médicos en las zonas de CENTRAL DE EQUIPOS Y ESTERILIZACIÓN (CEYE) y en SALA DE OPERACIONES. Los equipos encontrados en CEYE consistían mayormente en autoclaves de vapor, plasma y en máquinas de limpieza y

desinfección. En la sala de operaciones, se encontraron máquinas de anestesia, lámparas quirúrgicas, brazos en C, microscopios quirúrgicos, un litotriptor, entre otros.

Final de actualización de inventario de equipos médicos en HOSPITALIZACIÓN. Debido al difícil acceso a las habitaciones cerradas, se encontraron pocos equipos. Entre estos, el más notable: una máquina de diálisis.

4.5. SEMANA 4

Organización de archivos producto de las distintas gestiones y actividades hospitalarias. entre estas, órdenes de trabajos internos y externos, cotizaciones, manuales, información técnica referente a equipos, catálogos, inventario de instrumental, entrada y salida de equipos médicos de la empresa, etc.

Revisión de bomba de infusión Samtronic Icatu S. Se utilizó un venoclisis para descartar un error de aire en el circuito. Consecuentemente, se mostró un error de bolsa vacía. Dado que la bolsa no estaba vacía durante la prueba de funcionamiento y que las gotas salen en intervalos esporádicos (a algunas se le hacía difícil salir completamente), se cree que el problema se encuentra en la succión (o motor). Se espera revisión por parte del proveedor.

Continuación de organización de archivos de gestiones hospitalarias. Revisión de bomba de infusión Icatu S por parte del proveedor externo DIMEX. Estos diagnosticaron que la bomba se encontraba en buenas condiciones, y que el causante del error era el mismo venoclisis, el cual había pasado de su fecha de expiración.

Se realizó mantenimiento preventivo de un autoclave de vapor encontrado en CEYE. Se realizó limpieza de sus dos mangueras en el interior y se limpiaron y lijaron las resistencias con papel lija y un paño húmedo. Esto se evidencia en la ilustración 11.

Continuación de organización de archivos de gestiones hospitalarias. Inicio de limpieza en laboratorio de biomédica. Se llevaron diversas cosas en desuso a almacén.

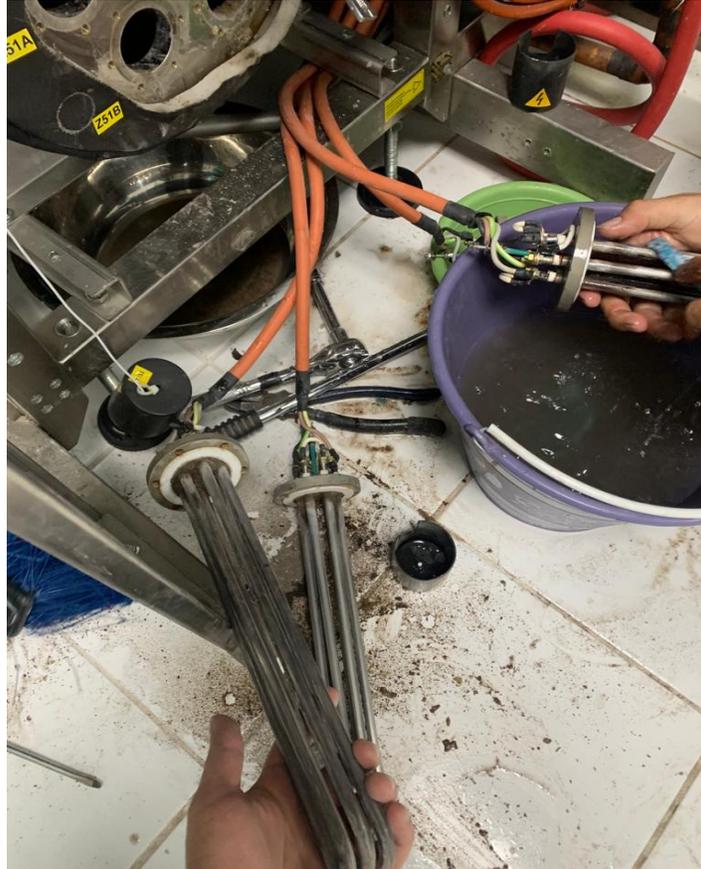


Ilustración 11. MP de autoclave de vapor

Fuente: Elaborado por el autor.

4.6. SEMANA 5

El artromotor Artromot-K4 fue reportado nuevamente como defectuoso. Se analizó su interior y se reforzaron contactos. Debido a que el equipo ya se había sometido con anterioridad a procedimientos de mantenimiento, se concluyó en la necesidad del reemplazo del control del artromotor.

Se cotizó un control nuevo con el proveedor del artromotor utilizado en rehabilitación. El equipo estaba discontinuado, pero el proveedor logró conseguir uno en una de sus sucursales y se obtuvo la cotización. Esta se agregó a una tabla de todas las cotizaciones realizadas para el área de rehabilitación.

Iniciación de un plan de mantenimiento preventivo (MP) y predictivo para los equipos médicos del hospital Viera. Se empezó la creación de fichas generales que enlistan datos pertinentes y pasos del procedimiento de mantenimiento preventivo de los equipos médicos, así como sus accesorios y repuestos estratégicos. Todo esto, con referencia a los procedimientos generales y a los manuales de usuario de los equipos médicos.

Se investiga una aplicación que sirva como base de datos y brinde un sistema de calendarización de tareas para crear un sistema de mantenimiento preventivo programado (MPP). Se definió el uso de la aplicación ya utilizada para el inventario de equipo médico, pues esta cuenta con un sistema de calendarización basado en registros de procesos modificables.

Asistencia a trabajos de limpieza en pila utilizada para el reciclaje de agua de CEYE mediante osmosis. Se vació la pila y se realizó limpieza con agua a presión. Imagen de este procedimiento se muestra en la ilustración 12.



Ilustración 12. Limpieza de reciclaje de agua en CEYE

Fuente: Elaborado por el autor.

Creación de fichas de equipamiento médico para el plan de mantenimiento preventivo 2023. Se analizó un módulo de la torre de laparoscopia encontrada en quirófanos. Este era un Powershaver SL utilizado en artroscopia. El equipo mostraba errores en la pantalla y no accionaba la pieza de mano. Se contactó a una empresa externa para coordinar un trabajo de mantenimiento.

Creación de fichas de equipamiento médico para el plan de mantenimiento preventivo 2023. Se realizó el descarte de los monitores Sinohero H8 que fueron diagnosticados como obsoletos.

4.7. SEMANA 6

Se realizó la supervisión de mantenimiento preventivo a ventiladores Puritan Bennet 980 nuevamente. Se hizo uso del circuito de paciente y un analizador de gases para realizar las respectivas pruebas y calibraciones.

Organización de archivos de gestión hospitalaria. Se precisó un desfibrilador que desplegaba un mensaje de error. Se realizaron las pruebas de funcionamiento en este y se reinició. El equipo, en buen estado, se devolvió a su respectiva sala.

Supervisión de instalación de impresora a EKG y supervisión a MP de GE Ultrasonido vivid e. Los pasos que se siguieron en este último se detallan a continuación: encenderlo sin toma (prueba de batería), prueba de transductores. Se pasa una llave o algún otro material sobre el transductor para comprobar la ausencia de artefactos. Se revisó, en el panel de control, el espacio de almacenamiento y cables. Se realizó una limpieza externa de los cables de los transductores, las superficies del equipo y de bola rotatoria. Este procedimiento se evidencia en la ilustración 13.

Se realizó MP en las torres de laparoscopia en el área de quirófanos. Se retiró el módulo de artroscopia para su posterior análisis en el laboratorio de biomédica. Lo que se hizo consistió mayormente en ordenar los cables de los distintos módulos y limpiarlos.

Se realizó MP a la torre de endoscopia en el área de endoscopia. Se realizó una limpieza de las superficies externas e internas de los distintos módulos de la torre y del monitor. Se limpió el gastroscopio y el duodenoscopio, los cuales son los accesorios con los que cuenta el área. Se realizó una prueba de funcionamiento. Esta se evidencia en la ilustración 14.



Ilustración 13. MP de ecógrafo/ultrasonido

Fuente: Elaborado por el autor.



Ilustración 14. MP de torre de endoscopia

Fuente: Elaborado por el autor.

4.8. SEMANA 7

Continuación de fichas de equipos médicos para el plan de mantenimiento preventivo 2023. Se realizaron fichas técnicas para los distintos analizadores de laboratorio, enlistan la descripción del funcionamiento de estos y las actividades de mantenimiento preventivo que requieren, con base en manuales de usuario y servicio encontrados.

Supervisión de calibración de vaporizadores en máquinas de anestesia. Se utilizó un analizador de gases para registrar valores solicitados a la máquina con valores detectados por el analizador. Esto se evidencia en la ilustración 15.



Ilustración 15. MP de vaporizadores en máquina de anestesia en quirófano

Fuente: Elaborado por el autor.

Supervisión de MP en angiógrafo en el área de CEDICAR. Esta consistió en la lubricación de partes móviles y pruebas de funcionamiento. Estas se evidencian en la ilustración 16. Se inició la rutina de revisión rutinaria de equipos e infraestructura en el área de CEDICAR.

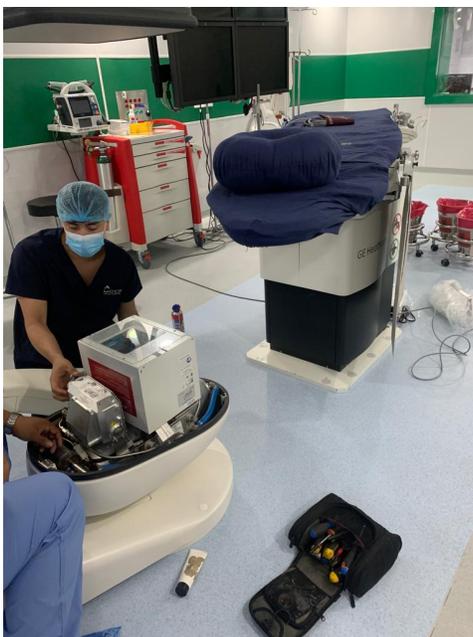


Ilustración 16. MP de equipo de angiografía

Fuente: Elaborado por el autor.

Se inspeccionó el microscopio utilizado para los procedimientos de análisis de fluorescencia. Se determinó la necesidad de la compra de una lámpara de halógeno utilizada por el equipo, pues esta requiere un cambio periódico, especialmente cuando el microscopio empieza a dar señales de falla. Se cotizó la lámpara halógena, la cual es mostrada en la ilustración 17.



Ilustración 17. Lámpara halógena de 12 VDC y 100W

Fuente: Elaborado por el autor.

Se intentó el MC de un electroencefalógrafo recogido de UCI. Se midió la impedancia de los electrodos para verificar el funcionamiento de estos. Después, se probaron en un sujeto de prueba. El procedimiento fue fallido, pues el sujeto de prueba tenía materiales metálicos en su interior y los resultados mostraban ruido en la medición.

4.9. SEMANA 8

Montaje de monitores en UCI. Calendarización y fichas de MP. MP de electrocardiograma (ECG). Se realizaron pruebas de funcionamiento en personal del hospital, pues el equipo había sido reportado ya que presentaba ruido en sus lecturas. El equipo fue probado y todas las derivaciones funcionaban correctamente. La ilustración 15 muestra el equipo de ECG y las lecturas realizadas.

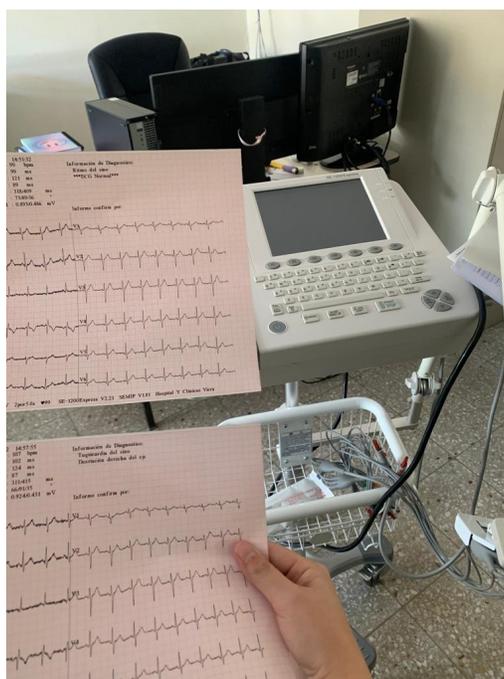


Ilustración 18. MP de ECG

Fuente: Elaborado por el autor.

Supervisión a MP de mamógrafo Senographe DMR. Se lubricaron las partes móviles internas, se hizo limpieza externa, se realizaron movimientos y pruebas de funcionalidad. También se supervisó el MP del rayos X convencional en la sala 1 de radiografía. Se determinó la necesidad de reemplazar el bulbo encontrado en el colimador del equipo. Posteriormente, se continuó con las fichas del plan de mantenimiento preventivo y la calendarización.

Organización de archivos en el taller de biomédica y trabajo en calendarización de MPP. Se definió el número de gestión a todos los equipos y se enlistaron los que requieren mantenimiento preventivo. Con esto, se empezó la distribución de los trabajos de MP para el año 2023 en Excel.

Supervisión de MP de brazos en C en el área de radiología. Se realizó limpieza general externa e interna en control de arco. Limpieza de contacto en transductor, pruebas de imagen e impresión para comprobar el funcionamiento de la impresora del equipo. Esto se evidencia en la ilustración 19.



Ilustración 19. MP de brazo en C

Fuente: Elaborado por el autor.

Revisión de rutina en el área de rehabilitación. Se determinó la necesidad de MP de equipos de terapia y mesa de tracción. Se programó el mantenimiento a realizarse para la próxima semana, pues los equipos iban a ser utilizados.

4.10. SEMANA 9

Mantenimiento preventivo a combos de electroterapia con ultrasonido en el área de rehabilitación. Se hizo limpieza del interior del equipo y una inspección de la integridad de la unidad, además del encendido del equipo para probar el funcionamiento de los botones y comandos. Lo mismo se realizó en la unidad de tracción en el primer cubículo del área. La segunda mesa de tracción queda pendiente de sustitución, pues no logra encender.

Creación de fichas técnicas nuevas. Se empezó la creación y asignación de un número de inventario único para cada equipo médico del hospital. También se analizó un humidificador de alto flujo (Airvo 2) que fue reportado como equipo en mal estado. Después de una inspección y pruebas con base en una checklist obtenida del manual de usuario, se concluyó que la placa calefactora no estaba calentando y se decidió abrir el equipo.

El humidificador y los accesorios se muestra en la ilustración 20.



Ilustración 20. Humidificador de alto flujo en mal estado

Fuente: Elaborado por el autor.

Se empezó con la creación de un documento que enliste y describa las políticas operativas en los procesos de cotizaciones, capacitaciones, mantenimientos correctivos, preventivos, recomendaciones y otros elementos relacionados a la gestión de los equipos médicos para el hospital Viera.

Se crearon las etiquetas del número único de los equipos médicos del hospital y se empezó a colocar las etiquetas con el código único en el equipo correspondiente con la ayuda de la aplicación móvil de Airtable.

4.11. SEMANA 10

Se realizó mantenimiento correctivo de un dispositivo tipo pistola para corte de tejido, utilizada en la zona de quirófanos. Se realizó una modificación del gancho para retirar la batería, pues este se había desprendido y es necesario contar con él para la extracción de la batería al momento de esterilizarlo. El equipo se muestra en la ilustración 21.



Ilustración 21. Pistola para corte de tejido

Fuente: Elaborado por el autor.

Se realizó pruebas de funcionamiento en torre de endoscopía, pues había sido reportada como defectuosa y que la pantalla no se miraba clara. El equipo se encontraba en buen estado.

Se supervisó el mantenimiento correctivo de analizadores de laboratorio. Estos no lograban arrancar en el inicio del sistema. Una vez se descartó que el problema fuera del software mediante un reemplazo de placa, se estimó probar todas las válvulas del sistema y el equipo se retiró de la sala y se extrajo del hospital para su revisión.

Se creó una ficha de inspección rutinaria para el área de radiología. La ficha enlista los equipos y parámetros de los que se debe llevar un control de medición y funcionamiento diario mediante inspección para su registro. Dichos parámetros incluyen elementos como temperatura de áreas, encendido de equipos, lecturas del porcentaje de helio (en resonancia magnética), etc.

Se finalizó la realización del documento de protocolos y políticas para la gestión y mantenimiento de equipos médicos del hospital Viera. Se definieron los pasos sugeridos para la ejecución y registro de las actividades correspondientes a la gestión y cuidado de los equipos. En este documento se anexaron los cálculos de número de gestión de los equipos del hospital y la información de equipos en estado de comodato.

También se continuó con la colocación de etiquetas en los equipos.

4.12. CLASIFICACIÓN DE TAREAS REALIZADAS

A continuación, se presenta un gráfico que resume las tareas realizadas durante las 10 semanas de práctica profesional en el Hospital Viera. El gráfico muestra una distribución en porcentajes de distintas clasificaciones de los procedimientos ejecutados y puede servir como referencia a entender las asignaciones comunes de un ingeniero biomédico en un hospital privado.

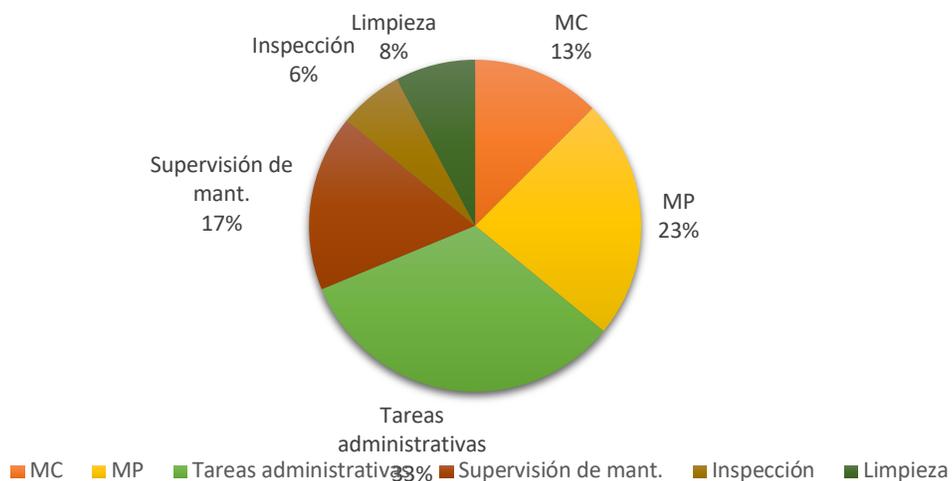


Ilustración 22. Distribución de tareas realizadas en HCV

Fuente: Elaborado por el autor.

4.13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Asignaciones	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Actualiz. De inventario- RADIOLOGÍA	Red									
Actualiz. De inventario- Laboratorio y CEDICAR	Grey									
Actualiz. De inventario-UCI y EMERGENCIA			Light Blue							
Actualiz. De inventario- MATERNIDAD y HOSPITALIZACIÓN			Light Green							
MC y MP	Blue									
Plan de MP 2023					Yellow					
Colocación de etiqueta biomédica									Black	
Manual de políticas y procesos de gestión de equipos									Yellow	

V. CONCLUSIONES

- Se ha planificado un plan de mantenimiento preventivo para el año 2023 con la ayuda de Microsoft Excel, una asignación de caracteres únicos a los equipos médicos basado en sus características y el uso de la aplicación ya establecida para llevar un control del equipamiento del hospital.
- Se ha verificado el registro de los equipos médicos, tanto nuevos como viejos, mediante una actualización del equipamiento y de sus características importantes, basándose en datos requeridos por el sistema ya establecido y datos útiles para la tarea de gestión.
- Se ejecutaron inspecciones de integridad, limpieza y pruebas de funcionamiento en distintos equipos enlistados en el plan de mantenimiento preventivo, tomando en cuenta equipos sin contrato de mantenimiento.
- También se han realizado tareas de mantenimiento preventivo y correctivo en equipos médicos en base a la calendarización y a las necesidades eventuales presentadas por las distintas zonas del hospital.
- Se han realizado supervisiones de trabajos de mantenimiento en equipos médicos que cuentan con un contrato de tal índole, siendo el encargado de la ejecución, un representante del proveedor o responsable proveniente de la empresa de dicho contrato.
- Se han realizado tareas de cotización a equipos que se requerían sustitución y se enlistaron esos datos en cuadros fáciles de presentar.
- Se han enlistado temas oportunos de capacitación y se indicaron fechas potenciales para capacitar al personal en el mejor uso de los equipos médicos.
- Se ha ejecutado la creación de fichas técnicas que tienen el objetivo de servir como referencia a los trabajos de mantenimiento preventivo y los repuestos estratégicos de los equipos médicos de las distintas áreas del hospital.

VI. RECOMENDACIONES

Una de las carencias más notables que fue identificada en el área de biomédica en el hospital Viera, es la débil ejecución de los procesos correspondientes al mantenimiento preventivo, lo cual es notable especialmente en equipos que no cuentan con un contrato de mantenimiento preestablecidos.

El trabajo realizado deja un importante avance en la estructuración y organización de los procedimientos generales a realizarse en los múltiples equipos encontrados en el hospital. Es recomendado la ejecución del MPP con base a la calendarización establecida y los procedimientos enlistados en las fichas técnicas anexadas, pues estos se basan generalmente, en los mismos manuales de usuario/servicio de los equipos médicos que requieren mantenimiento.

De igual manera, es recomendada la compra y el almacén de repuestos estratégicos que ayuden a solucionar fallas eventuales en componentes que presentan fallas frecuentes y predecibles, como ser: fusibles. Relés, sensores, cables, etc.

Como recomendación general, se mira oportuno la contratación de un ingeniero biomédico designado a la ejecución de los mantenimientos correctivos y preventivos de todos los equipos médicos, acompañado de un técnico de la misma área, para lograr atacar problemas directamente, aumentar independencia y lograr una mayor disposición de los servicios de salud en el hospital.

REFERENCIAS

- Arellano, L. A. O., Coria, E. A. C., Gil, J. L. O., & Meza, F. A. (2010). *SISTEMA ROBÓTICO DE REHABILITACIÓN FUNCIONAL*. 8.
- Bavestrello, I., & Yuri Carvajal. (2018). *Ingeniería para los Hospitales Públicos: El caso de la Ingeniería Biomédica*. 58(1), 85-86.
- Beaulieu, P., Nathan-Denizot, N., & Feiss, P. (2013). Aparatos de anestesia. *EMC - Anestesia-Reanimación*, 39(4), 1-27. [https://doi.org/10.1016/S1280-4703\(13\)65833-8](https://doi.org/10.1016/S1280-4703(13)65833-8)
- Bermúdez-Madriz, J. L., Sáenz, M. del R., Muiser, J., & Acosta, M. (2011). Sistema de salud de Honduras. *Salud Pública de México*, 53, s209-s219.
- Cerón Quispe, W. (2010). BIONANOTECNOLOGÍA. *Revista de Información, Tecnología y Sociedad*, 24.
- Cervantes-Sánchez, C., Cu-Zetina, C., Serrano-Rico, E., Rojero-Vallejo, J., Lazos-Ochoa, M., & I, R. (2002). Incisión cutánea: Bisturf vs electrocauterio. Estudio experimental en ratas. *Rev Med Hosp Gen Mex*, 65, 11-14.
- de Micheli, A. (2005). En torno a la evolución de los hospitales. *Gaceta médica de México*, 141(1), 57-62.
- Dr. Julio Alberto Bourdeth Tosta. (1996). *Hospitales de Honduras, evolución cronológica*. 64(4), 167-172.
- García, A. (2017). *Cirugía 1. Educación quirúrgica* (6e ed.). McGraw Hill. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?sectionid=167842169&bookid=21948&Resultclick=2>
- García, C. R. A., & Torres, C. M. (2017). *La realidad de la Unidad de Cuidados Intensivos*. 3, 171-173.
- Gismondi Glave, G. (2010). Ingeniería biomédica. *Revista Ciencia y Cultura*, 24, 99-118.
- Huppert, L. A. (2022). *Notas de Huppert: Información importante sobre fisiopatología y para la clínica*. McGraw Hill Medical.

<https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?sectionid=269395807&bookid=3232&Resultclick=2#1192957854>

Killeen, A. A. (2018). *Harrison. Principios de Medicina Interna* (20.ª ed.). McGraw Hill Medical. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?sectionid=213022208&bookid=2461&Resultclick=2>

Marín, A., Vargas-Díez, E., & Cerezo, L. (2009). Radioterapia en Dermatología. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 100(3), 166-181. [https://doi.org/10.1016/S0001-7310\(09\)70532-0](https://doi.org/10.1016/S0001-7310(09)70532-0)

Mariño Alvarez, M. (2022). Plan de mejora de equipos de ventilación mecánica en implementación de área COVID en el Instituto Nacional Cardiovascular – INCOR. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/18313>

Matich, D. (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36957218/redesneuronales-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1661649854&Signature=JOLYqZgpR2Aa5btjg1MtcibrQZVmWoJBE3UfoHEGUDTT2WEaq6CNEcrLf1T1N4godVsYVAq8AnrAV5bYSioF9Qigzb-bLSWL2htWB7YIH3RZD~ecE7nSwiOi1Zqs4ita94YuWELPEA9DX6WyiAkV71s0kRQtyGbAq-7HY4EvWaReWIM6lw-Yn4B1kJ8XwyKcxz8mWVubiTI0-ZaSOSXNWHozi~4kgJ7JQaYMM9NvPNX1uDMFfJ4wgDALyVC16vFcySSybJBznZMdiu67ttpvRIEeKe1FV5T5hb4ldkQLpnvxCLVSQMK2TcDtbs~gdLt7hZb1Fc3-c1bn0iyiFzLznQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Mohammad, H. (2022). Evaluation of Advanced Medical Imaging Services at Government Hospitals-West Bank. *J Med*, 7.

Monitor multiparametro de signos vitales vitalife. (s. f.). Recuperado 28 de agosto de 2022, de <https://www.catalogodelasalud.com/ficha-producto/Monitor-multiparametro-de-signos-vitales-vitalife+132696>

Morales, J. P., & Escalante-Kanashiro, R. (2021). Desfibrilación externa automática. *Metro Ciencia*, 29(suppl 1), 16-19. <https://doi.org/10.47464/MetroCiencia/vol29/supple1/2021/16-19>

Muñoz, F. G. (2011). *Ventilación mecánica*. 28(2).

- Ochoa, D. S., Aguilar, R. N., & Méndez, A. A. (2015). Ingeniería de tejidos: Una nueva disciplina regenerativa. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 64, 61-69.
- Ochoa Quezada, Y. C. (2013). *Bombas de infusión*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2194>
- Oglat, A. A. (2022). Assessment of Diagnostic Imaging Sector in Public Hospitals in Northern Jordan. *Healthcare*, 10(6), 1136. <https://doi.org/10.3390/healthcare10061136>
- Quiroz-Arias, C. (2010). Errores preanalíticos en el laboratorio clínico de un hospital de tercer nivel: Prueba piloto. *Revista Salud Uninorte*, 26(2), 189-200.
- Rebolledo Nandi, Z. (2016). *Monitor de signos vitales portátil*. <http://ri.uagro.mx/handle/uagro/295>
- Salinas, N. E. (2015). El rol del ingeniero biomédico en la sociedad. *Revista Médica Hondureña*, 83(3-4), 167-169.
- Segovia, E. (2009). *APLICACIONES MÉDICAS DE LA BIONANOTECNOLOGÍA*. 68. <https://www.redalyc.org/pdf/1995/199520297012.pdf>
- Sepúlveda-Arias, J., Cárdenas, J., Cárdenas, A., Muriel, L., & Estancio, L. (2020). *Biotecnología y sus aplicaciones en el sector salud*. <https://doi.org/10.22517/9789587224399>
- Sierra Ramos, J. M. (2022). *Introducción a las redes neuronales artificiales* [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis, Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/71132/>