

ANÁLISIS DE DATOS DE LAS ACTIVIDADES TÉCNICAS BIOMÉDICAS (ORDENES DE TRABAJO) PARA IDENTIFICAR LA CANTIDAD DE EQUIPOS PATRÓN O ANALIZADORES NECESARIOS PARA COMPLETAR TODAS LAS ACTIVIDADES PROGRAMADAS POR MES Y COTEJAR ESTA INFORMACIÓN CON LA BASE INSTALADA DE EQUIPOS PATRÓN O ANALIZADORES DE NOVATECNICA S.A.S PARA LA TOMA DE DECISIONES RESPECTO A LA ADQUISICIÓN DE NUEVA TECNOLOGÍA

Federico Duque Minaya

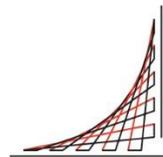
Trabajo Dirigido de Pasantía

Tutor

PhD. Oscar Julián Perdomo Charry



**Universidad del
Rosario**



**ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA
BOGOTÁ D.C
2022**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS	9
2.1. General.....	9
2.2. Específicos	9
3. METODOLOGÍA	10
3.1. Problema a solucionar	9
3.2. Fases del proyecto	10
4. RESULTADOS	12
5. DISCUSIÓN.....	22
6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	25
7. CONCLUSIONES	26
8. REFERENCIAS	27

LISTA DE TABLAS

TABLA DE BASE INSTALADA DE EQUIPOS PATRÓN DE NOVATECNICA	6
TABLA DE CANTIDAD DE INTERVENCIONES POR TECNOLOGÍA	12
TABLA DE CANTIDAD DE INTERVENCIONES POR MES.....	13
TABLA DE TIEMPO PROMEDIO TOTAL, DURACIÓN ESTIMADA Y TIEMPO PROMEDIO DE LA TAREA	13
TABLA DE TIPO DE TAREA	14
TABLA DE CANTIDAD DE INTERVENCIONES POR UBICACIÓN.....	14
TABLA DE CANTIDAD DE SIMULADORES PARA EL 2020	15
TABLA DE CANTIDAD DE SIMULADORES PARA EL 2021	16
TABLA DE CANTIDAD DE SIMULADORES PARA EL 2022.....	18
TABLA DE SIMULADORES NECESARIOS PARA CADA TECNOLOGÍA	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Analizador de desfibrilación..	6
Figura 2. Analizador de flujo de gases.	7
Figura 3. Analizador de seguridad eléctrica.	7
Figura 4. Simulador de signos vitales.	8
Figura 5. Dashboard Final.	21

1. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Biomédica es una disciplina que relaciona el campo de la ingeniería con áreas de la salud, permitiendo generar soluciones técnicas desde la ingeniería enfocadas en el mejoramiento de la salud y vida del ser humano. Esta labor multidisciplinaria puede llevarse a cabo desde varias ópticas o ramas de esta ingeniería, tales como la instrumentación médica, el procesamiento de imágenes y señales médicas, la biomecánica, la rehabilitación y la ingeniería clínica y hospitalaria, entre otras [1].

En la Ingeniería Clínica, se encaminan esfuerzos en la gestión tecnológica y administrativa hospitalaria con el fin de alcanzar los mayores estándares para una excelente atención al paciente. Los esfuerzos que se realizan se basan en el mantenimiento orientado al riesgo del equipamiento médico, la gestión de contratos de servicio, la gestión del aprovisionamiento, la gestión de la adquisición de tecnologías médicas, la verificación para el uso seguro de los equipos (seguridad eléctrica) y la calibración de estos, la vigilancia tecnológica, la gestión de riesgos, la capacitación en tecnologías biomédicas, entre otras [2]. Específicamente, se desarrollan actividades puntuales e importantes en la ingeniería clínica, tales como el mantenimiento de equipos biomédicos. Estos, se dividen en dos tipos: el mantenimiento preventivo (MP) y correctivo (MC) [3].

Estas actividades de la ingeniería clínica pueden desarrollarse desde diferentes sectores. Precisando esta idea, se elaboran estas actividades en empresas privadas, en hospitales y entidades prestadoras de servicios de salud, entre otras.

Novatecnica S.A.S, es una empresa del Grupo Amarey Nova Medical fundada en 2011. Esta empresa se encarga de realizar toda la gestión tecnológica in house y servicio de mantenimiento preventivo y correctivo de marcas como Nihon Khoden, Paramount, Beckton Dickinson, Atom, entre otras [4]. Como se puede contemplar, Novatecnica maneja un amplio portafolio de marcas, de las cuales se desglosan diferentes tipos de tecnología como ventiladores mecánicos, monitores multiparámetros, monitores de signos vitales, centrales de monitoreo, electrocardiógrafos, electroencefalógrafos, desfibriladores, incubadores, camas y camillas hospitalarias, bombas de infusión y de perfusión. A raíz de toda esta cantidad de equipos que se manejan, se requiere de un sistema informático que permita organizar todo el historial de las actividades que se realizan por cada equipo. Por tal motivo, Novatecnica utiliza la herramienta Fractal One para este fin. Toda esta información se almacena como una Orden de Trabajo (OT), la cual es un documento que posee información relevante de la actividad, como el responsable, el número de serie del equipo, las instrucciones del servicio que se realizará, los insumos requeridos, tiempos de ejecución y fechas de inicio y fin [5].

Para llevar a cabo las actividades preventivas, correctivas, instalaciones, inspecciones y diagnósticos de los equipos biomédicos, es necesario utilizar unos equipos especializados de simulación y análisis (equipos patrón). Estas son herramientas que permiten realizar las actividades, mencionadas anteriormente, de manera eficiente ya que son una referencia o patrón de los parámetros fisiológicos del ser humano. Cabe resaltar que estas actividades son realizadas con el fin de evitar efectos adversos hacia el paciente, médico y en general a cualquier profesional o persona que esté involucrada con el equipo.

Novatecnica, tiene como base instalada los siguientes equipos patrón para su operación:

Tabla I
TABLA DE BASE INSTALADA DE EQUIPOS PATRÓN DE NOVATECNICA

Analizadores	Cantidad de EQUIPO
ANALIZADOR DE DESFIBRILACION	5
ANALIZADOR DE FLUJO	1
ANALIZADOR DE SEGURIDAD ELECTRICA	11
MANOMETRO	14
SIMULADOR DE SIGNOS VITALES	15
SIMULADOR DE SPO2	4
Total general	50

Analizadores

Los analizadores son equipos que reciben señales directamente de los equipos biomédicos con el fin de analizarlas y compararlas con unos parámetros ya establecidos con el fin de determinar la precisión y exactitud de la magnitud generada.

Analizador de desfibrilación

Estos analizadores garantizan el correcto funcionamiento de los equipos de reanimación. Por consiguiente, son equipos de gran relevancia por su análisis en equipos de soporte vital. Este equipo es capaz de probar el ecg y marcapasos transcutáneos externos. Al medir las descargas tiene una tolerancia de la energía del 1% y 5%. Posee algoritmos de medición para la prueba del marcapasos. Además, posee una carga de prueba de paciente de 50 y 500 ohms. Tiene medición de energía bifásica, monofásica y pulsátil [6].



Figura 1. Analizador de desfibrilación [6].

Analizador de flujo

Los analizadores de flujo miden y calibran esta magnitud en equipos como el ventilador mecánico y la máquina de anestesia. Este dispositivo mide la temperatura, humedad y el oxígeno de la vía aérea. Es capaz de identificar el tipo de agente anestésico. Logra personalizar el perfil de la prueba y así, mide la concentración específica del agente anestésico. Visualización gráfica. Exactitud del oxígeno del 2% [6].



Figura 2. Analizador de flujo de gases [6].

Analizador de seguridad eléctrica

Estos analizadores miden la corriente de fuga, tensión, corriente, entre otras, para asegurar al paciente y a la persona que manipule el equipo. Son dispositivos portátiles y de automatización interior, simulación de ecg y una capacidad de prueba de 20 amperios. Posee memoria a bordo.



Figura 3. Analizador de seguridad eléctrica [6].

Simuladores

En este caso, los simuladores son equipos los cuales emiten señales eléctricas que simulan magnitudes fisiológicas al equipo biomédico. Con estos simuladores se busca que el equipo biomédico responda a esta señal de manera correcta, es decir, que el equipo despliegue el valor configurado.

Simulador de signos vitales

El simulador de signos vitales emite señales que se asocian a magnitudes fisiológicas como frecuencia cardiaca, respiratoria, saturación de oxígeno, presión invasiva, entre otras. Tiene simulación fetal de ecg/iup, medición de temperatura, pruebas de alivio de presión, simulación de respiración, simulación de diferentes ondas de arritmia, manómetro, simulación de presión invasiva, pruebas de fugas y saturación de oxígeno [6].



Figura 4. Simulador de signos vitales [6].

2. OBJETIVOS

2.1. General

1. Diseñar una herramienta que permita visualizar la información respecto a las actividades que realiza Novatecnica para poder estimar la cantidad de equipos patrón que se requieren con el fin de cumplir con dichas actividades.

2.2. Específicos

1. Analizar los tiempos de ejecución de las actividades de Novatecnica para estimar la cantidad de equipos patrón necesarios para cumplir con las actividades.
2. Establecer las posibles limitaciones que puede tener la empresa al momento de gestionar sus equipos patrón para todas las actividades a nivel nacional. Identificando ya sea falencias en la gestión de los equipos o un posible déficit de estos.
3. Establecer indicadores que ayuden a Novatecnica a tener una visión global de las actividades que realizan.

3. METODOLOGÍA

3.1. Problema para solucionar

En Novatecnica se buscó el apoyo de un practicante en Ingeniería Biomédica para brindarles apoyo con los equipos patrón, debido a que se están en la búsqueda de una herramienta que les permita visualizar información de las actividades que se realizan en la empresa, que a su vez muestre información del requerimiento de los equipos patrón para suplir el 100% de estas actividades.

Por tal motivo, la información que se utilizará para este propósito será suministrada por los ingenieros de la empresa. Esta información está organizada en una hoja de cálculo de Excel de 41 columnas y 20596 filas de información, donde se presenta información del serial del equipo, marca, tiempos de ejecución, fechas de inicio y final de las actividades, ubicación de dónde se realizó la actividad, entre otras. Respecto a los tiempos de ejecución, es importante mencionar que para generar esta visual se estimó un tiempo de desplazamiento de los equipos patrón ya que estos no están disponibles en todo momento en las diferentes regiones donde opera Novatecnica. Es decir, al momento de solicitar un equipo patrón, este se puede ubicar en Bogotá, pero se solicita para barranquilla. Por tanto, se estima un tiempo de desplazamiento que está condicionado por la empresa transportadora.

Toda esta información se organizó de tal manera que se puedan generar indicadores relevantes para tener la visual global de las actividades de la empresa para identificar cómo está la empresa respecto a la utilización de sus equipos patrón. Adicionalmente, se ajustó la información relevante de todas las tecnologías que maneja Novatecnica para poder observar datos de la cantidad de intervenciones que tiene un equipo por mes, el porcentaje de los tipos de actividad (preventivas, correctivas, inspecciones, diagnósticos, instalaciones, preinstalaciones y garantías) y las intervenciones por región. Por otro lado, con la información anterior se determinó el tiempo promedio de las actividades por tipo de tecnología, el requerimiento de los equipos patrón para suplir las actividades y los equipos patrón necesarios para finalizar actividades por región.

Para determinar la cantidad de equipos patrón necesarios para suplir las actividades de Novatecnica se realizó el siguiente flujo para determinar el valor:

- Se realiza el producto entre la cantidad de intervenciones de cada tecnología y el tiempo promedio total de la actividad (tiempo en minutos). Este valor es la cantidad de tiempo de actividad de dicha tecnología.
- Con este tiempo de actividad por tecnología, se procede a dividir este valor entre 60 para determinar el tiempo de la actividad por horas.
- Posteriormente, este valor se divide entre 9 que son las horas laborales de trabajo en Novatecnica.
- Y, por último, se divide entre el 85% de 22 (que son los días hábiles por mes) para estimar la cantidad de equipos patrón necesarios teniendo en cuenta un rango de no uso de los equipos patrón.
- Con este valor por mes podemos determinar el requerimiento de equipos patrón por cada una de las tecnologías.

Con toda la información organizada se procede a realizar la herramienta visual requerida.

3.2. Fases del proyecto

Este proyecto se compone de cuatro fases principales. Inicialmente está la recolección, organización y depuración de los datos. Posteriormente el análisis y estructuración de estos. Finalmente, la entrega del documento final y sustentación.

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Actividades							
Recolección de la información							
Organización y depuración de la base de datos							
Análisis y estructuración							
Entregable							

Para la primera fase, la recolección de toda la información se tuvo que generar distintas reuniones con los trabajadores de la empresa, con cargos altos, con el fin de determinar primero la contextualización de la empresa y lo correspondiente a los equipos patrón. Posteriormente con estas reuniones, el ingeniero que programa todas las actividades dispuso la información de la base de datos del Excel, donde está la información de las ordenes de trabajo desde el 2020 hasta el 2022-1.

Posteriormente, se empieza la organización de la información mediante las hojas de Excel. Todas las modificaciones fueron acordadas por el jefe de operaciones mediante reuniones semanales durante toda la práctica.

Luego de la depuración de la base, se realiza el análisis de todos estos datos mediante las tablas dinámicas de Excel con el fin de resumir la información de mejor manera. Se acordó que toda la información generada se organizara de tal manera que explique detalladamente pero que visualmente sea fácil de entender.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos del análisis de la información suministrada por Novatecnica se organizará de tal manera que pueda observarse la consecución de pasos o actividades que permitieron llegar al resultado final de la cantidad de equipos patrón necesarios para sus actividades. Adicionalmente, se presentarán los resultados de la información global de la empresa por medio de tablas y, finalmente, un tablero de información o Dashboard generado con la información ya mencionada. Es importante mencionar que respecto a las 20596 filas del documento inicialmente, se organizó y depuró la información que no tenía valor para el proceso resultando así 17015 filas de información.

Tabla II
TABLA DE CANTIDAD DE INTERVENCIONES POR TECNOLOGÍA

TECNOLOGÍA	INTERVENCIONES POR TECNOLOGÍA
BOMBA DE IRRIGACION	4
CAMA DE HOSPITALIZACION	2331
CENTRAL DE MONITOREO	638
CONSOLA SHAVER	53
DEFIBRILADOR	2603
ELECTROCARDIOGRAFO	985
ELECTROENCEFALOGRAFO	378
ELECTROMIOGRAFO	181
FUENTE DE LUZ	73
GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	38
INCUBADORA	427
LAMPARA CIELITICA	130
LAMPARA DE FOTOTERAPIA	71
LAMPARA PIELITICA	19
MESA QUIRURGICA	7
MODULO DE GASES	6
MONITOR DE SIGNOS VITALES	4120
MONITOR MULTIPARAMETROS	4118
NEUMOINSUFLADOR	39
OXIMETRO DE PULSO	17
PIEZA DE MANO PARA SHAVER	4
POLISOMNIOGRAFO	22
PROCESADOR DE CAMARA E IMAGEN	18
VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	30
VENTILADOR MECANICO	703
Total general	17015

En este caso, las intervenciones hacen alusión a la cantidad de Ordenes de trabajo por tipo de tecnología.

Tabla III
TABLA DE CANTIDAD DE INTERVENCIONES POR MES

MES	INTERVENCIONES
ene	1392
feb	1969
mar	2249
abr	2178
may	1560
jun	1676
jul	967
ago	1104
sep	915
oct	941
nov	864
dic	1200
Total general	17015

Tabla IV
TABLA DE TIEMPO PROMEDIO TOTAL, DURACIÓN ESTIMADA Y TIEMPO PROMEDIO DE LA TAREA

TECNOLOGIA	TIEMPO PROMEDIO TOTAL	DURACIÓN ESTIMADA	TIEMPO PROMEDIO TAREA
BOMBA DE IRRIGACION	189,14	120	99,14
CAMA DE HOSPITALIZACION	96,2	120	60,37
CENTRAL DE MONITOREO	398,55	130	130,20
CONSOLA SHAVER	303,51	180	97,15
DESFIBRILADOR	287	180	77,23
ELECTROCARDIOGRAFO	387,21	120	81,31
ELECTROENCEFALOGRAFO	576,55	130	205,11
ELECTROMIOGRAFO	499,36	130	168,46
FUENTE DE LUZ	327,22	180	112,02
GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	289,04	180	131,11
INCUBADORA	360,02	180	150,23
LAMPARA CIELITICA	294,12	130	135,26
LAMPARA DE FOTOTERAPIA	243,31	120	57,36
LAMPARA PIELITICA	361,53	60	58,44
MESA QUIRURGICA	817,51	60	132,08
MODULO DE GASES	178,29	120	58,29
MONITOR DE SIGNOS VITALES	201,01	120	87,51

MONITOR MULTIPARAMETROS	169,44	120	97,06
NEUMOINSUFLADOR	344,32	180	119,55
OXIMETRO DE PULSO	27,03	60	20,00
PIEZA DE MANO PARA SHAVER	326,29	120	266,29
POLISOMNIOGRAFO	582,24	130	135,08
PROCESADOR DE CAMARA E IMAGEN	268,33	180	155,13
VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	539,15	180	171,15
VENTILADOR MECANICO	251,46	180	161,28
Total general	231,47	180	94,5

Tabla V
TABLA DE TIPO DE TAREA

TIPO DE TAREA	CONTEO TIPO DE TAREA
CAPACITACIÓN	578
CORRECTIVA	2990
DIAGNÒSTICO	8
GARANTIA	3
INSPECCIÓN	81
INSTALACIÓN	1057
PREINSTALACIÓN	31
PREVENTIVA	12267
Total general	17015

Tabla VI
TABLA DE CANTIDAD DE INTERVENCIONES POR UBICACIÓN

UBICACIÓN	INTERVENCIONES
ANTIOQUIA	3623
BOGOTA	7799
COSTA	1217
EJE CAFETERO	1021
MEPUCA	37
SANTANDERES	1021
TOLHUCA	820
VACANA	1477
Total general	17015

Tabla VII

TABLA DE CANTIDAD DE SIMULADORES PARA EL 2020

TECNOLOGÍA	REQUERIMIENTO POR MES
CAMA DE HOSPITALIZACION	
jun	0,151515152
oct	0,020796197
nov	0,041251733
dic	0,321964745
CENTRAL DE MONITOREO	
nov	0,079619727
dic	0,105341652
DESFIBRILADOR	
abr	0,021192315
jul	0,015745692
oct	0,148544266
dic	0,55
ELECTROCARDIOGRAFO	
ago	0,020796197
oct	0,019805902
nov	0,187934244
dic	0,108787879
INCUBADORA	
dic	0,103163993
LAMPARA CIELITICA	
dic	0,148544266
MONITOR DE SIGNOS VITALES	
mar	0,148544266
jun	0,034578134
jul	0,077893642
ago	0,016042781
sep	0,022380669
oct	0,07147554
nov	0,238012478
dic	2,317668845
MONITOR MULTIPARAMETROS	
mar	0,148544266
jul	0,023767083
oct	0,039471182
nov	0,493196673
dic	0,932150921
POLISOMNIOGRAFO	
oct	0,050108932
VENTILADOR MECANICO	

dic	0,023767083
Total general	6,69

Tabla VIII
TABLA DE CANTIDAD DE SIMULADORES PARA EL 2021

ene		abr	
BOMBA DE IRRIGACION	0,01	CAMA DE HOSPITALIZACION	1,93
CAMA DE HOSPITALIZACION	0,39	CENTRAL DE MONITOREO	1,56
CENTRAL DE MONITOREO	1,11	CONSOLA SHAVER	0,19
CONSOLA SHAVER	0,01	DEFIBRILADOR	4,52
DEFIBRILADOR	1,92	ELECTROCARDIOGRAFO	2,60
ELECTROCARDIOGRAFO	0,87	ELECTROENCEFALOGRAFO	0,94
ELECTROENCEFALOGRAFO	0,80	ELECTROMIOGRAFO	0,35
ELECTROMIOGRAFO	0,36	FUENTE DE LUZ	0,02
INCUBADORA	0,27	GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,02
LAMPARA CIELITICA	0,23	INCUBADORA	0,51
MONITOR DE SIGNOS VITALES	2,03	LAMPARA CIELITICA	0,38
MONITOR MULTIPARAMETROS	2,21	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,07
POLISOMNIOGRAFO	0,03	LAMPARA PIELITICA	0,18
VENTILADOR MECANICO	1,36	MONITOR DE SIGNOS VITALES	4,96
feb		MONITOR MULTIPARAMETROS	5,53
BOMBA DE IRRIGACION	0,04	NEUMOINSUFLADOR	0,04
CAMA DE HOSPITALIZACION	0,95	POLISOMNIOGRAFO	0,03
CENTRAL DE MONITOREO	1,37	VENTILADOR MECANICO	0,70
CONSOLA SHAVER	0,03	may	
DEFIBRILADOR	3,69	CAMA DE HOSPITALIZACION	0,77
ELECTROCARDIOGRAFO	2,25	CENTRAL DE MONITOREO	1,53
ELECTROENCEFALOGRAFO	0,83	DEFIBRILADOR	4,53
ELECTROMIOGRAFO	0,78	ELECTROCARDIOGRAFO	2,27
FUENTE DE LUZ	0,06	ELECTROENCEFALOGRAFO	0,70
GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,07	ELECTROMIOGRAFO	0,31
INCUBADORA	1,02	FUENTE DE LUZ	0,07
LAMPARA CIELITICA	0,17	GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,02
LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,04	INCUBADORA	0,77
MONITOR DE SIGNOS VITALES	3,53	LAMPARA CIELITICA	0,20
MONITOR MULTIPARAMETROS	3,61	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,32
PROCESADOR DE CAMARA E IMAGEN	0,03	MONITOR DE SIGNOS VITALES	4,23
VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,31	MONITOR MULTIPARAMETROS	2,54
VENTILADOR MECANICO	1,18	VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,01
mar		VENTILADOR MECANICO	0,83
BOMBA DE IRRIGACION	0,02	jun	
CAMA DE HOSPITALIZACION	1,45	CAMA DE HOSPITALIZACION	1,54
CENTRAL DE MONITOREO	1,69	CENTRAL DE MONITOREO	1,41
CONSOLA SHAVER	0,09	CONSOLA SHAVER	0,08
DEFIBRILADOR	4,43	DEFIBRILADOR	5,04
ELECTROCARDIOGRAFO	2,66	ELECTROCARDIOGRAFO	1,93
ELECTROENCEFALOGRAFO	1,96	ELECTROENCEFALOGRAFO	1,31

ELECTROMIOGRAFO	0,50	ELECTROMIOGRAFO	0,44
FUENTE DE LUZ	0,13	FUENTE DE LUZ	0,12
GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,03	GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,12
INCUBADORA	1,45	INCUBADORA	0,87
LAMPARA CIELITICA	0,14	LAMPARA CIELITICA	0,20
LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,17	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,15
MESA QUIRURGICA	0,02	MESA QUIRURGICA	0,15
MONITOR DE SIGNOS VITALES	6,29	MONITOR DE SIGNOS VITALES	5,14
MONITOR MULTIPARAMETROS	3,24	MONITOR MULTIPARAMETROS	2,51
NEUMOINSUFLADOR	0,08	POLISOMNIOGRAFO	0,16
POLISOMNIOGRAFO	0,21	PROCESADOR DE CAMARA E IMAGEN	0,02
PROCESADOR DE CAMARA E IMAGEN	0,03	VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,26
VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,08	VENTILADOR MECANICO	0,94
VENTILADOR MECANICO	1,77		
jul		oct	
CAMA DE HOSPITALIZACION	0,96	CAMA DE HOSPITALIZACION	1,05
CENTRAL DE MONITOREO	0,75	CENTRAL DE MONITOREO	1,77
CONSOLA SHAVER	0,06	CONSOLA SHAVER	0,06
DEFIBRILADOR	2,93	DEFIBRILADOR	3,74
ELECTROCARDIOGRAFO	1,27	ELECTROCARDIOGRAFO	2,26
ELECTROENCEFALOGRAFO	1,53	ELECTROENCEFALOGRAFO	1,20
ELECTROMIOGRAFO	0,47	ELECTROMIOGRAFO	0,42
FUENTE DE LUZ	0,18	FUENTE DE LUZ	0,11
GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,18	GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,05
INCUBADORA	0,71	INCUBADORA	1,06
LAMPARA CIELITICA	0,07	LAMPARA CIELITICA	0,10
MONITOR DE SIGNOS VITALES	4,08	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,06
MONITOR MULTIPARAMETROS	2,80	LAMPARA PIELITICA	0,18
NEUMOINSUFLADOR	0,18	MONITOR DE SIGNOS VITALES	4,35
VENTILADOR MECANICO	0,97	MONITOR MULTIPARAMETROS	4,99
ago		NEUMOINSUFLADOR	0,05
CAMA DE HOSPITALIZACION	1,67	POLISOMNIOGRAFO	0,20
CENTRAL DE MONITOREO	0,89	PROCESADOR DE CAMARA E IMAGEN	0,04
CONSOLA SHAVER	0,10	VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,04
DEFIBRILADOR	3,18	VENTILADOR MECANICO	0,32
ELECTROCARDIOGRAFO	3,02	nov	
ELECTROENCEFALOGRAFO	0,83	CAMA DE HOSPITALIZACION	1,45
ELECTROMIOGRAFO	1,05	CENTRAL DE MONITOREO	1,75
FUENTE DE LUZ	0,08	CONSOLA SHAVER	0,09
GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,04	DEFIBRILADOR	4,12
INCUBADORA	0,87	ELECTROCARDIOGRAFO	2,10
LAMPARA CIELITICA	0,23	ELECTROENCEFALOGRAFO	1,46
LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,06	ELECTROMIOGRAFO	0,47
LAMPARA PIELITICA	0,16	FUENTE DE LUZ	0,02
MODULO DE GASES	0,04	INCUBADORA	0,50
MONITOR DE SIGNOS VITALES	5,32	LAMPARA CIELITICA	0,16
MONITOR MULTIPARAMETROS	3,81	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,17
NEUMOINSUFLADOR	0,06	MESA QUIRURGICA	0,02
POLISOMNIOGRAFO	0,15	MONITOR DE SIGNOS VITALES	2,86
PROCESADOR DE CAMARA E IMAGEN	0,02	MONITOR MULTIPARAMETROS	2,84
VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,02	NEUMOINSUFLADOR	0,07

VENTILADOR MECANICO	2,34	PIEZA DE MANO PARA SHAVER	0,11
sep		VENTILADOR MECANICO	0,87
CAMA DE HOSPITALIZACION	1,29	dic	
CENTRAL DE MONITOREO	0,88	CAMA DE HOSPITALIZACION	1,30
CONSOLA SHAVER	0,20	CENTRAL DE MONITOREO	1,69
DEFIBRILADOR	4,06	CONSOLA SHAVER	0,04
ELECTROCARDIOGRAFO	1,55	DEFIBRILADOR	4,92
ELECTROENCEFALOGRAFO	1,49	ELECTROCARDIOGRAFO	1,65
ELECTROMIOGRAFO	0,38	ELECTROENCEFALOGRAFO	0,95
FUENTE DE LUZ	0,25	ELECTROMIOGRAFO	0,46
GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,07	FUENTE DE LUZ	0,30
INCUBADORA	0,87	GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,30
LAMPARA CIELITICA	0,04	INCUBADORA	1,39
LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,02	LAMPARA CIELITICA	0,39
MONITOR DE SIGNOS VITALES	4,45	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,17
MONITOR MULTIPARAMETROS	3,51	MESA QUIRURGICA	0,16
NEUMOINSUFLADOR	0,05	MODULO DE GASES	0,01
POLISOMNIOGRAFO	0,16	MONITOR DE SIGNOS VITALES	4,42
PROCESADOR DE CAMARA E IMAGEN	0,05	MONITOR MULTIPARAMETROS	4,82
VENTILADOR MECANICO	1,18	NEUMOINSUFLADOR	0,25
		PIEZA DE MANO PARA SHAVER	0,02
		PROCESADOR DE CAMARA E IMAGEN	0,11
		VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,34
		VENTILADOR MECANICO	0,72

Tabla IX
TABLA DE CANTIDAD DE SIMULADORES PARA EL 2022

ene		abr	
CAMA DE HOSPITALIZACION	1,48	CAMA DE HOSPITALIZACION	1,08
CENTRAL DE MONITOREO	1,40	CENTRAL DE MONITOREO	1,25
CONSOLA SHAVER	0,06	CONSOLA SHAVER	0,20
DEFIBRILADOR	3,19	DEFIBRILADOR	5,75
ELECTROCARDIOGRAFO	1,49	ELECTROCARDIOGRAFO	1,64
ELECTROENCEFALOGRAFO	1,15	ELECTROENCEFALOGRAFO	1,01
ELECTROMIOGRAFO	0,47	ELECTROMIOGRAFO	0,11
FUENTE DE LUZ	0,03	FUENTE DE LUZ	0,24
INCUBADORA	0,83	GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,03
LAMPARA CIELITICA	0,13	INCUBADORA	0,39
LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,03	LAMPARA CIELITICA	0,31
MESA QUIRURGICA	0,04	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,06
MODULO DE GASES	0,01	LAMPARA CIELITICA	0,16
MONITOR DE SIGNOS VITALES	3,20	MONITOR DE SIGNOS VITALES	3,85
MONITOR MULTIPARAMETROS	3,87	MONITOR MULTIPARAMETROS	4,76
VENTILADOR MECANICO	0,44	NEUMOINSUFLADOR	0,06
feb		OXIMETRO DE PULSO	0,05

CAMA DE HOSPITALIZACION	0,92	POLISOMNIOGRAFO	0,05
		PROCESADOR DE CAMARA E	
CENTRAL DE MONITOREO	1,88	IMAGEN	0,08
CONSOLA SHAVER	0,16	VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,05
DEFIBRILADOR	4,07	VENTILADOR MECANICO	0,07
ELECTROCARDIOGRAFO	3,31	may	
ELECTROENCEFALOGRAFO	0,83	CAMA DE HOSPITALIZACION	1,09
ELECTROMIOGRAFO	0,72	CENTRAL DE MONITOREO	1,23
FUENTE DE LUZ	0,21	DEFIBRILADOR	4,46
GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,05	ELECTROCARDIOGRAFO	2,63
INCUBADORA	0,65	ELECTROENCEFALOGRAFO	1,83
LAMPARA CIELITICA	0,26	ELECTROMIOGRAFO	0,23
MONITOR DE SIGNOS VITALES	5,10	INCUBADORA	0,57
MONITOR MULTIPARAMETROS	4,76	LAMPARA CIELITICA	0,41
NEUMOINSUFLADOR	0,06	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,17
PROCESADOR DE CAMARA E			
IMAGEN	0,02	MONITOR DE SIGNOS VITALES	4,27
VENTILADOR MECANICO	0,93	MONITOR MULTIPARAMETROS	3,64
mar		POLISOMNIOGRAFO	0,17
CAMA DE HOSPITALIZACION	1,64	VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,07
CENTRAL DE MONITOREO	1,67	VENTILADOR MECANICO	0,41
CONSOLA SHAVER	0,19	jun	
DEFIBRILADOR	4,35	CAMA DE HOSPITALIZACION	0,69
ELECTROCARDIOGRAFO	2,22	CENTRAL DE MONITOREO	1,02
ELECTROENCEFALOGRAFO	1,74	CONSOLA SHAVER	0,04
ELECTROMIOGRAFO	0,60	DEFIBRILADOR	3,97
FUENTE DE LUZ	0,38	ELECTROCARDIOGRAFO	1,65
GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,01	ELECTROENCEFALOGRAFO	1,02
INCUBADORA	1,35	ELECTROMIOGRAFO	0,67
LAMPARA CIELITICA	0,11	FUENTE DE LUZ	0,10
LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,05	GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN	0,10
MONITOR DE SIGNOS VITALES	3,61	INCUBADORA	0,97
MONITOR MULTIPARAMETROS	4,56	LAMPARA CIELITICA	0,09
NEUMOINSUFLADOR	0,31	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	0,17
POLISOMNIOGRAFO	0,07	MESA QUIRURGICA	0,17
VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,21	MODULO DE GASES	0,02
VENTILADOR MECANICO	1,64	MONITOR DE SIGNOS VITALES	6,78
		MONITOR MULTIPARAMETROS	2,75
		NEUMOINSUFLADOR	0,10
		PROCESADOR DE CAMARA E	
		IMAGEN	0,07
		VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA	0,22
		VENTILADOR MECANICO	0,61

jul	ago		
CAMA DE HOSPITALIZACION	0,03	MONITOR MULTIPARAMETROS	0,15
CENTRAL DE MONITOREO	0,15	VENTILADOR MECANICO	0,16
DESFIBRILADOR	0,32		
ELECTROCARDIOGRAFO	0,05		
ELECTROMIOGRAFO	0,17		
FUENTE DE LUZ	0,06		
INCUBADORA	0,09		
MODULO DE GASES	0,03		
MONITOR DE SIGNOS VITALES	0,49		
MONITOR MULTIPARAMETROS	0,64		
VENTILADOR MECANICO	0,06		

Tabla X
TABLA DE SIMULADORES NECESARIOS PARA CADA TECNOLOGÍA

TECNOLOGÍA	AF	ASE	AD	MA	SSV	SSPO2	TAC	AI	LUX
BOMBA DE IRRIGACION		1							
CAMA DE HOSPITALIZACION		1							
CENTRAL DE MONITOREO		1							
CONSOLA SHAVER		1							
DESFIBRILADOR	1	1	1						
ELECTROCARDIOGRAFO		1							
ELECTROENCEFALOGRAFO		1							
ELECTROMIOGRAFO		1							
FUENTE DE LUZ		1			1				
GRABADOR DE VIDEO E IMAGEN		1							
INCUBADORA		1						1	
LAMPARA CIELITICA		1							1
LAMPARA DE FOTOTERAPIA		1							1
LAMPARA PIELITICA		1							1
MESA QUIRURGICA		1							
MODULO DE GASES		1							
MONITOR DE SIGNOS VITALES		1		1	1	1			
MONITOR MULTIPARAMETROS		1		1	1	1			
NEUMOINSUFLADOR		1		1					
OXIMETRO DE PULSO		1				1			
PIEZA DE MANO PARA SHAVER		1						1	
POLISOMNIOGRAFO		1							
PROCESADOR DE CAMARA E IMAGEN		1							
VENTILADOR DE ALTA FRECUENCIA		1							
VENTILADOR MECANICO		1							

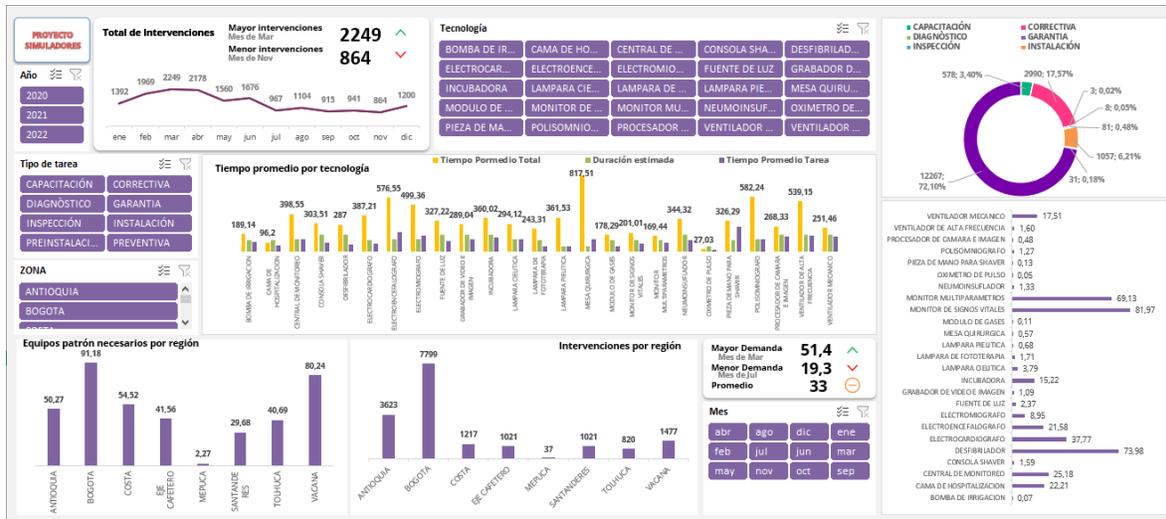


Figura 5. Dashboard Final.

La presente sección muestra todos los datos reales después del análisis realizado. Es importante mencionar que los datos decimales respecto a los requerimientos (Tablas VII, VIII y IX) se deben analizar como un porcentaje. En la siguiente sección se explicará esto y el resto de los resultados.

5. DISCUSIÓN

Inicialmente, de la TABLA II podemos observar varios datos de gran importancia para el estudio ya que muestra la cantidad de intervenciones que se realizan (# de OT's) por cada una de las tecnologías que maneja Novatecnica. En este caso, los desfibriladores, monitores multiparámetros y monitores de signos vitales son los equipos que tienen la mayor cantidad de intervenciones respecto al consolidado de actividades registradas de la base de datos, es decir, 3 años (2020, 2021, 2022). Estos valores nos indican que, de la base instalada de Novatecnica, hay mayor cantidad de equipos de estas tecnologías. Por consiguiente, a mayor cantidad de intervenciones que se realicen, se necesitarán más equipos patrón para llevar a cabo todas las actividades programadas. Puntualmente, la cantidad de intervenciones por tecnología fueron: Desfibriladores con 2603 actividades, Monitor de signos vitales con 4118 actividades y los monitores multiparámetros con 4120 actividades.

La TABLA III muestra la cantidad de intervenciones que se realizan por mes. Con este dato podemos determinar y estimar, si se quiere, la cantidad de actividades que se pueden programar en un mes, y con esto saber a partir de estas actividades la cantidad de equipos patrón que se van a requerir. Marzo, con 2249, es el mes con mayor cantidad de actividades.

En el caso de la TABLA IV, se muestran los datos del tiempo de ejecución de las actividades. Es importante aclarar que los tiempos de presentan en minutos y, además, están separados por una coma “,”, donde los decimales son los segundos. Estos datos de tiempo son de gran relevancia ya que permiten sacar un indicador de las tecnologías que no cumplen los tiempos ya estipulados. En Novatecnica, se tienen estipulados los tiempos que tardan cada una de las tecnologías en realizarse. Por ejemplo, los equipos que mayor cantidad de intervenciones, Desfibrilador, Monitor de signos y multiparámetros, tienen duraciones entre los 120 y 180 minutos. Adicionalmente, se observan dos tiempos promedio. Uno, hace referencia al tiempo promedio de la tarea y es la cantidad de tiempo, en minutos, que demoran las actividades de la tecnología. Por ejemplo, la mesa quirúrgica tiene una duración estimada (estipulada por Novatecnica) de 60 minutos. A su vez, esta actividad, a partir de la base de datos, tiene un tiempo promedio de 132 minutos con 8 segundos. Con este ejemplo se busca dimensionar un indicador que le permite observar a Novatecnica que hay ciertas tecnologías que se están demorando más de lo que debería y con esto, se puede indagar las razones que influyen en que se demore la actividad. Finalmente, el tiempo promedio total en la tabla hace referencia a el tiempo que se está demorando la actividad, promediándolo con un tiempo de desplazamiento.

El tiempo de desplazamiento cobra gran relevancia en este análisis de datos ya que con este se contempla el traslado del equipo a la institución, empresa, hospital, clínica, etc. Los tiempos de desplazamiento son 2, los cuales dependen de la ubicación donde se realizará la actividad. Para Bogotá (teniendo en cuenta sus zonas aledañas) y Antioquia, se contempla un desplazamiento de 120 minutos. Este tiempo debido a que, en estas, hay mayor base instalada de equipos y por tanto, hay más equipos patrón disponibles. En el resto de las ubicaciones como la costa y demás, se contempla un desplazamiento de 1440 minutos (24 horas). Se consolidaron estos tiempos con la empresa teniendo en cuenta el tiempo que demoran las empresas transportadoras que trabajan con ellos en hacer el transporte de los equipos. Con los desplazamientos, se observa un incremento considerable respecto al tiempo promedio en general que demoran las actividades de cada tecnología. Cabe aclarar que, estos tiempos de desplazamiento no se sumaron a cada una

de las actividades, sino que se sumaron únicamente a la primera actividad de cada mes. En términos simples, si el hospital A solicita un mantenimiento preventivo de una incubadora para el mes de diciembre, entonces, se le sumará los 120 minutos al tiempo que se demore el técnico en realizar la actividad y, si en este hospital A se deben realizar justamente más actividades con incubadoras, ya no se sumará el tiempo de desplazamiento a cada actividad realizada porque el equipo patrón ya se encuentra en dicho hospital.

La TABLA V muestra la cantidad de actividad que realiza Novatecnica por tipo de actividad. Como se mencionó en la introducción, por lo general las empresas que realizan toda la gestión tecnológica de los equipos biomédicos realiza actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, inspecciones, diagnósticos, preinstalaciones, instalaciones, garantías y capacitaciones.

Las intervenciones por zonas las observamos en la TABLA VI. Se observan ubicaciones de alguna manera desconocidas por los nombres utilizados, pero realmente esos nombres son a combinación de las iniciales donde Novatecnica realiza operaciones. MEPUCA, hace referencia al departamento del Meta, Putumayo y Caquetá. TOLHUCA, alude al Tolima, Huila y Caldas. Y, VACANA, Vale del cauca, Cali y Nariño.

Respecto a las TABLAS VII, VIII Y IX, estas muestran la cantidad de simuladores que se requieren al mes para desarrollar las diferentes actividades por tecnología. Las tablas están organizadas por año respectivamente, empezando desde el 2020. Es importante tener en cuenta varias consideraciones. Primero, el cálculo del requerimiento de equipos patrón para cada actividad. Por ejemplo, se tendrán en cuenta los datos del desfibrilador. El tiempo promedio total de la actividad es de 287 minutos. Adicionalmente, la cantidad de intervenciones de los desfibriladores es de 2603 en los tres años (2020-2022). Entonces, se puede asociar el cálculo a la siguiente expresión:

$$\text{Requerimiento} = \frac{\# \text{ de intervenciones} * \text{ tiempo de ejecución}}{60 * 9 * 22 * 0.85} \quad (1)$$

En esta ecuación, el denominador está dado por una conversión a meses. Es decir, el producto de las intervenciones por el tiempo de ejecución de la actividad me da el total de minutos trabajados. Con este valor se divide entre 60 para determinar este valor en horas, luego se divide por 9 porque esto equivale un día hábil de trabajo, es decir que tenemos ahora el valor de los días y, luego, se divide entre 22 que son los días hábiles laborales de un mes. Por tanto, tenemos el requerimiento por mes de los equipos patrón. Finalmente, se ajustó este valor teniendo en cuenta que del 100% de disponibilidad de los 22 días del mes, puede presentarse que no esté disponible los equipos patrón para ser utilizados, por lo que se multiplica por 85% con el fin de tener un rango de error del 15%, teniendo en cuenta esta falta de disponibilidad.

Continuando el ejemplo del desfibrilador tenemos que:

$$\text{Requerimiento} = \frac{2603 * 287}{60 * 9 * 22 * 0.85} = 73.98 \quad (2)$$

Este valor de 73,98 puede parecer descabellado, pero se explicará a continuación. Primero, si tomamos los valores individuales de las TABLAS VII, VIII Y IX, de los requerimientos por

mes de cada año, nos dará aproximadamente este número (73,92). Pero. ¿Por qué tan alto este valor? En este caso, como estamos realizando el cálculo para saber cuantos equipos patrón se necesitan por mes para cumplir con las actividades programadas, pues entonces se necesitan aproximadamente 74 equipos patrón para realizar las 2603 actividades de los desfibriladores. Por esta razón, es que en la FIGURA 5, se observa el dashboard que permite, dinámicamente, observar toda la información discutida en este apartado. Se pueden ver valores más exactos por mes, por ubicación, por tipo de tecnología y demás datos que son funcionales para la toma de decisiones.

La TABLA X muestra los simuladores y analizadores que se necesitan para cada una de las tecnologías. Primero, el cálculo anterior del requerimiento también da información de que esa es la cantidad de equipos que se necesitan, pero también, es como si contara de una vez la cantidad de todos los equipos patrón que se necesitan para una sola actividad de una tecnología. Por ejemplo, los monitores multiparámetros necesitan 4 equipos patrón para realizar sus actividades. Por esto, el valor que se puede calcular del requerimiento hará referencia a que se necesitan esa cantidad de simuladores para la actividad. Para los monitores multiparámetros, se requieren 4,76 equipos patrón para realizar las actividades de febrero. Es decir que se necesitan 4 simuladores, en este caso de signos vitales, un manómetro, un analizador de seguridad eléctrica y uno de saturación para realizar dichas actividades en febrero.

Finalmente, con todas las tablas relacionadas anteriormente se genera el dashboard final (ver Figura 5). Este dashboard por medio de gráficos de barras y circulares, muestra la información ya discutida en este apartado. Para lograr este dinamismo en el Excel se incorporó power pivot con el fin de poder desarrollar los cálculos discutidos anteriormente. En este caso, se utilizó esta paleta de tonos morados y amarillos para generar una mejor visualización.

6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El análisis de datos realizado es muy versátil y puede implementarse en otros aspectos ya que pueden generar información rápida y efectiva para la toma de decisiones de una empresa. Adicionalmente, este análisis de datos se puede extrapolar a cualquier industria, ya que la generación de estos datos es bastante recursiva en este aspecto.

La manipulación de este tipo de bases de datos tan extensas puede ser tedioso, pero, como trabajo futuro, puede implementarse un análisis más eficaz y rápido mediante programación informático en lenguajes como Python o Power BI.

Con este desarrollo se pueden generar acciones tanto preventivas como correctivas respecto a las actividades que realiza la empresa. En este caso, se puede gestionar mejor los tiempos de ejecución. Evidenciando déficits en cualquier aspecto, con estas herramientas de análisis de datos se podría prevenir dificultades en las operaciones que se realizan.

7. CONCLUSIONES

Al finalizar esta práctica, se logró cumplir el objetivo principal de realizar una herramienta que permitiera visualizar toda la información concreta de Novatecnica. Se logró ajustar, en un dashboard de Excel, toda la información recolectada mediante tablas dinámicas y gráficos. Especialmente, se logró incluir en esta herramienta el requerimiento de los equipos patrón que necesita la empresa para cumplir todas las actividades programadas.

Mediante el análisis de los tiempos de duración se logró identificar el resto de información clave que se necesitaba para realizar el proyecto. Se logró identificar con estos tiempos diferentes indicadores que sirven para la toma de decisiones frente a situaciones desfavorables como el sobretiempo en las en el tiempo de ejecución de las actividades.

8. REFERENCIAS

- [1] G. G. Glave, "Ingeniería biomédica". Revista 24, mayo 2010.
- [2] M. Cruz, "LINEA DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERIA CLÍNICA Y LOGÍSTICA HOSPITALARIA".
- [3] "Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos", Accessed: 23 Oct 2022. [Online]. Available: www.who.int
- [4] Grupo Amarey Nova Medical [Online]. "Nuestra Historia". Available: <https://www.grupoamarey.com/nuestra-historia/>
- [5] Fractal [Online]. "Como hacer seguimiento de una orden de trabajo". Available: [https://www.fractal.com/es/blog/como-hacer-seguimiento-de-una-orden-de-trabajo#:~:text=Una%20orden%20de%20trabajo%20\(OT,responsables%20y%20plazos%20de%20ejecuci%C3%B3n.](https://www.fractal.com/es/blog/como-hacer-seguimiento-de-una-orden-de-trabajo#:~:text=Una%20orden%20de%20trabajo%20(OT,responsables%20y%20plazos%20de%20ejecuci%C3%B3n.)
- [6] SetGad [Online]. Available: <https://setgad.com/wp/patrones-biomedicos/>
- [7] American Thoracic Society, "Ventilador Mecánica". Am J Respir Crit Care Med Vol. 172, P1, 2005. Versión en línea revisada en septiembre de 2013 Serie de información al paciente de la ATS ©2005 American Thoracic Society. (accessed Oct. 17, 2022).
- [8] "La unidad del paciente. Cama hospitalaria". <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448177002.pdf> (accessed Oct 18, 2022).
- [9] "BeneVision™ Sistema de Monitoreo Central". <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448177002.pdf>. (accessed Oct 18, 2022).
- [10] "Clases y características de los electrocardiógrafos | Promedco." <https://www.promedco.com/noticias/tipos-de-electrocardiografos-y-sus-caracteristicas> (accessed Oct 18, 2022).
- [11] "ABC de dispositivos médicos". <https://invima2018.files.wordpress.com/2018/03/dispositivos-medicos-invima.pdf>. (accessed Oct 18, 2022).
- [12] "Modelo de Evaluación y Gestión. Equipamiento Biomédico. Tecnología Biomédica." http://www.nuevaleislacion.com/files/susc/cdj/doct/lb_ebm_cap6_3.pdf (accessed Oct. 17, 2022).
- [13] Mkoka, D.A., Goicolea, I., Kiwara, A. *et al.* Availability of drugs and medical supplies for emergency obstetric care: experience of health facility managers in a rural District of Tanzania. *BMC Pregnancy Childbirth* **14**, 108 (2014).
- [14] Zavala Navarro "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS MÉDICOS EN ESSALUD – VIRÚ 2018". Available:
- [15] Ali Mahmoud. "Design of Medical Equipment Management Programs and Implementation".