

**DESARROLLO DE UN SOFTWARE DE ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LOS  
MANTENIMIENTOS DE EQUIPOS BIOMÉDICOS POR TERCEROS EN EL  
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE BUCARAMANGA LOS COMUNEROS.**

**Presentado por:**

**ANGIE CAROLINA CARREÑO RONDÓN**

**ANDRÉS FEDERICO URIBE MANTILLA**

**Director:**

**MARIO FERNANDO MORALES CORDERO**

**Codirector:**

**LUSVIN JAVIER AMADO FORERO**

**Universidad Autónoma de Bucaramanga**

**Facultad de Ingeniería**

**Ingeniería Biomédica**

**Bucaramanga**

**2021**

## **Agradecimientos**

En un mundo volátil, abocado en el caos indiferente de la alegría y tristeza de los acontecimientos diarios en la vida, sin duda esta etapa próxima a culminar, es mérito de nuestros padres, abuelos, hermanos y familiares, quienes, ante la adversidad de una crisis pandémica, que no tiene parangón con otra crisis en la historia reciente, fueron constantes en su impulso y apoyo integral, para poder finalizar nuestros estudios universitarios.

El mérito infinito es de ustedes: Marcela Rondón, Juan David Carreño, Jorge Uribe León, Martha Mantilla Cadena, Carlina Cadena de Mantilla y Erwing Uribe Mantilla.

En el campo académico, agradecemos el tiempo dedicado por nuestros docentes del programa de ingeniería biomédica, son ellos quienes guiaron y direccionaron la brújula a buen puerto, de nuestras expectativas como profesionales.

Gracias por su apoyo y dedicación: Ing. Mario Morales, Ing. Lusvin Amado, Ing. Alejandro Arboleda, Ing. Lina Africano, Ing. Gianina Garrido, Ing. Camilo Moncada, Ing. Manuel Franco, Ing. Edwing Ayala e Ing. Victor Solarte.

## Resumen

La relevancia de los equipos biomédicos en el sector salud, genera la necesidad no solo de garantizar la seguridad en pacientes, sino también deben asegurar unas condiciones óptimas de certidumbre y rendimiento en ellos, ejecutando los planes de mantenimientos estipulados en los cronogramas de la institución según los rubros planteados, ponderando factores de riesgos que generen un impacto directo e indirecto en las finanzas del sistema, del cual depende las organizaciones prestadoras de salud.

Una figura de contratación no directa que permite delegar dichas responsabilidades, exigir resultados previa estimación de metas, es el contrato de terceros, que en paralelo con el departamento biomédico, ejecutan los programas de mantenimiento, sin embargo parte de esta actividad delegataria, se da por limitaciones físicas o de talento humano que resulta en la necesidad perentoria de convenir un acuerdo de mantenimiento por prestación de servicios, sin plantear siquiera, la necesidad de expandir el área encargada del departamento biomédico, en contravía de las finanzas de la institución, al no tener en cuenta, las variables de maximización de beneficios con un análisis anticipado. (Puerto, 2014a)

Actualmente, una de las necesidades que se presentan en las instituciones prestadoras de servicios de salud, es la premura de estudios previos en el manejo de recursos destinados a los contratos tercerizados para el mantenimiento de equipos biomédicos, debido a que en lo administrativo, donde se toman las decisiones, se tienen en cuenta limitaciones estructurales o de personal en clínica, pero no una valoración monetaria de beneficio tangible, que soporte tales decisiones. Teniendo en cuenta lo anterior, se desarrolló una herramienta digital, que permite evaluar el costo-beneficio de los programas de mantenimiento ejecutados, tanto por el departamento biomédico institucional y los contratistas encargados de los mantenimientos de

equipos biomédicos, mediante un análisis financiero de tipo horizontal, lo que va permitir calcular de ahora en adelante, el aprovechamiento de los recursos, reconocer el impacto monetario y en tiempo, de cada equipo biomédico en la institución, durante su respectivo mantenimiento. De esta forma, se podrán tomar decisiones, que garanticen un modelo de gestión tecnológica en salud, capaz de optimizar recursos humanos, técnicos y financieros en el mantenimiento de los equipos biomédicos, originando un informe detallado, con el objetivo de prestar un mejor servicio, con la disponibilidad de los equipos en el momento oportuno, ejecutando adecuadamente los mantenimientos preventivos, lo que se refleja en productividad de la institución y generación de recursos. (Puerto, 2014a)

## Abstract

The relevance of biomedical equipment in the health sector generates the need not only to guarantee patient safety, but also to ensure optimal conditions of certainty and performance in them, executing the maintenance plans stipulated in the schedules of the institution according to the items proposed, weighing risk factors that generate a direct and indirect impact on the finances of the system, on which the health provider organizations depend.

A non-direct contracting figure that allows delegating these responsibilities, demanding results after estimating goals, is the contract of third parties, which in parallel with the biomedical department, execute the maintenance programs, however, part of this delegating activity is due to physical limitations or talent, However, part of this delegated activity is due to physical or human talent limitations that result in the urgent need to agree on a maintenance agreement for the provision of services, without even considering the need to expand the area in charge of the biomedical department, contrary to the finances of the institution, by not taking into account the profit maximization variables with an anticipated analysis. (Puerto, 2014b)

Currently, one of the needs that arise in the institutions providing health services is the haste of previous studies in the management of resources destined to outsourced contracts for the maintenance of biomedical equipment, due to the fact that in the administrative area, where decisions are made, structural or personnel limitations in the clinic are taken into account, but not a monetary valuation of tangible benefit, which supports such decisions. Taking into account the above, a digital tool was developed to evaluate the cost-benefit of the maintenance programs executed by both the institutional biomedical department and the contractors in charge of the maintenance of biomedical equipment, through a horizontal financial analysis, which will allow to calculate from now on, the use of resources, recognize the monetary and time impact of each

biomedical equipment in the institution, during their respective maintenance. In this way, it will be possible to make decisions that guarantee a model of technological management in health, capable of optimizing human, technical and financial resources in the maintenance of biomedical equipment, originating a detailed report, with the objective of providing a better service, with the availability of equipment at the right time, properly executing preventive maintenance, which is reflected in the productivity of the institution and generation of resources. (Puerto, 2014b)

## Tabla de contenido

CAPÍTULO I .....	12
Problema U Oportunidad .....	12
Introducción .....	12
Planteamiento del problema.....	13
Pregunta investigación .....	14
Justificación .....	15
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
CAPÍTULO II.....	18
Marco teórico y estado del arte.....	18
Marco teórico .....	18
Marco Legal.....	21
Estado del arte.....	23
CAPÍTULO III.....	37
Metodología .....	37
CAPITULO IV.....	45
Resultados .....	45
Fase 1 .....	45

Fase 2 .....	49
Fase 3 .....	65
CAPITULO V.....	74
Conclusiones y recomendaciones .....	74
Conclusiones .....	74
Recomendaciones .....	75
REFERENCIAS.....	77
ANEXOS .....	83
ANEXO 1: Guía rápida Software BIOA2 .....	83
ANEXO 2: Herramienta de medición de adherencia.....	94

## Lista de figuras

<i>Figura 1 Contratos de mantenimiento por terceros y porcentaje de representación respecto al total de contratos convenidos en la institución.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 2 Costos de programa de mantenimiento desembolsados a terceros vs cotización de costos del programa de mantenimiento realizado por Los comuneros.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 3 Diagrama de bloques funcionamiento del software .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 4 Comando de inicialización del servidor .....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5 Panel de control de Apache y MySQL.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 6 Enlace de la base de datos MySQL Host, con el gestor de datos.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 7 Formulario de Inicio de sesión y selección del tercero encargado del mantenimiento.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 8 Formulario de cálculo de mantenimientos .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 9 Barra de selección del encargado del mantenimiento.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 10 Barra de selección del tipo de mantenimiento.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 11 Selección del año del mantenimiento.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 12 Selección del equipo al cual pertenece el mantenimiento .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 13 Valores díjios y variables digitados, previo a calcular costos de mantenimiento .....</i>	<i>59</i>

<i>Figura 14 Registro exitoso en la aplicación.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 15 Formulario de cálculo de mantenimiento Los comuneros .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 16 Selección de filtros de empresa, anualidades y equipo .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 17 Tabla de consulta de filtros en el servidor .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 18 Reporte unitario de equipos por cotización de mantenimientos por Los comuneros.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 19 Informe comparativo de las variables representativos de los mantenimientos</i>	<i>64</i>
<i>Figura 20 Resultado primer pregunta encuesta .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 21 Resultado segunda pregunta encuesta.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 22 Resultado tercer pregunta encuesta .....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 23 Resultado cuarta pregunta encuesta.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 24 Resultado quinta pregunta encuesta.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 25 Resultado sexta pregunta encuesta.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 26 Resultado septima pregunta encuesta.....</i>	<i>72</i>

**Lista de tablas**

Tabla 1 Tabla comparativa de lenguajes de programación .....	40
Tabla 2 Variables técnicas y financieras identificadas .....	45
Tabla 3 Especificaciones computadores de prueba .....	65
Tabla 4 Prueba funcional de componentes .....	66

## Capítulo I

### Problema U Oportunidad

#### Introducción

Las instituciones y entidades prestadoras de salud deben asegurar la adecuada contratación mantenimiento de los equipos biomédicos que soportan sus servicios habilitados, no solo la disponibilidad y funcionamiento que garantiza atención y calidad de quienes reciben la asistencia, sino una política seria de enfoque a la evaluación costo-beneficio de dichos contratos, en perspectiva con los recursos invertidos en el sistema de salud colombiano, puesto que ello deriva, la oportunidad de funcionamiento de la IPS, donde las organizaciones hacen que el cuidado y tratamiento sea inequívoco, en concordancia con la Resolución 4816 del 2018, donde establece acciones dirigidas a prevenir y reducir los eventos adversos que deriven en perjuicios o daños en la atención de salud prestada. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2008a)

Los factores que permiten ofrecer un servicio seguro y confiable, reflejado en la disminución de eventos no deseados en pacientes, es la planeación, implementación, accesibilidad, costos, calidad y trazabilidad en el mantenimiento de los equipos asistenciales (Congreso de la República de Colombia, 1993), donde no solo se garantice la disponibilidad de los insumos requeridos, sino las acciones oportunas del personal cualificado según las necesidades de la institución, para ello se debe contar con talento humano capacitado ya sea de forma directa o indirecta, toda vez que los mantenimientos preventivos y correctivos permiten complementar la obligación de atender a los pacientes, entendiendo que estos pueden realizarse por la institución médica con su departamento biomédico o por intermediación de un tercero, lo que en simultáneo se refleja en ingresos para las organizaciones prestadores de salud menester en un sistema de salud deficiente en recursos, como el sistema colombiano, sistema que en el año

2019 presentó un déficit de 3,5 billones (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018), rubro que tuvo que ser financiado con deuda pública, según datos del ministerio de salud nacional en su requerimiento presupuestal ante el congreso de la república, por lo anterior, y entendiendo la necesidad de optimizar los recursos asignados al sistema de salud, sin que esto comprometa la seguridad y oportunidad de atención en el paciente, se presenta entonces, el desarrollo un sistema de evaluación financiero horizontal de costo- beneficio, que contribuye a tasar los costos directos e indirectos del mantenimiento de equipos biomédicos en los contratos más representativos realizados por terceros en Los Comuneros Hospital Universitario, para poder tomar decisiones en la asignación presupuestal de estos programas de mantenimiento, en presuposición de que estos mantenimientos se ejecutarán por el personal de planta de la IPS.

El desarrollo del software se ordenó en tres fases metodológicas, donde inicialmente se examinó, organizo y depuro la información suministrada por el departamento de equipos médicos de la institución, para luego proceder con la programación y realización de la aplicación web, y finalmente, la puesta en marcha del software, con el estudio funcional, no funcional y de adherencia al personal encargado de la digitalización de la información.

### **Planteamiento del problema**

El mantenimiento de los equipos biomédicos en el sistema de salud colombiano, es una prioridad enfocada en la provisión segura y oportuna de los servicios asistenciales del colectivo ciudadano, como soporte de diagnóstico y de amparo a pacientes por parte del personal médico, lo anterior, teniendo en cuenta los estudios de riesgo, beneficio y costo de la operación en las instituciones prestadoras de salud en sus planes de mantenimiento de los dispositivos biomédicos, atendiendo al Programa Nacional de tecnovigilancia, reglamentado en la resolución

4816 de 2008. Estos programas de mantenimiento se planifican, una vez estimada la tecnología biomédica dispuesta en la institución, y por tanto se deben valorar periódicamente, los modelos de contratación empleados para llevar a cabo dichos planes de mantenimiento en la IPS, en los términos de un contrato por tercero, o ejecutado directamente por el departamento biomédico, entendiendo la necesidad de contratar personal cualificado para el mantenimiento de los dispositivos biomédicos.

Es de resaltar que para llevar a cabo un estudio costo beneficio de los modelos de contratación de mantenimientos, se deben determinar las variables más relevantes en los términos del convenio operativo como lo son: cantidad de equipos, consumibles, herramientas, mano de obra, repuestos y según el año en investigación, el ajuste por inflación. Lo anterior, permite al usuario determinar la viabilidad en el convenio que le genere mayor beneficio económico y genere menor costo en la operación asistencial de la IPS. Entendiendo esta necesidad, en busca de garantizar un uso efectivo y adecuado de los recursos y en reconocer la importancia de las evaluaciones económicas en el sistema de salud como alternativa que direcciona la toma de decisiones pertinentes, se proyecta el desarrollo de un software de análisis financiero horizontal costo-beneficio de los contratos realizados por terceros en una institución prestadora de servicios de salud de alta complejidad, determinando en cuestión, la rentabilidad o no, de los contratos más representativos en programas de mantenimiento, y así tomar decisiones en provecho institución prestadora de salud.

### **Pregunta investigación**

¿Cómo evaluar el beneficio económico que tiene la contratación de terceros para el mantenimiento de equipos biomédicos en Los Comuneros Hospital Universitario?

## **Justificación**

El departamento administrativo y asistencial que intervienen en el sistema de salud colombiano no solo prestan un servicio a merced de las circunstancias de los pacientes, sino, además, busca sanear el déficit fiscal generado por un precario sistema que, desde su origen, privilegia la parte financiera de particulares y no el bienestar común de los pacientes. El deber de administrar adecuadamente, los recursos públicos, suministrados por la nación, es la garantía de un acertado direccionamiento del servicio público que garantiza el derecho a la salud, derecho reivindicado en la ley estatutaria 1751 del 2015, por tanto, de obligatorio cumplimiento.

(Congreso de la República de Colombia, 2012)

En línea de lo expuesto, la adquisición, renovación y mantenimiento de los equipos biomédicos en la IPS Los Comuneros Hospital Universitario, es un papel fundamental, puesto que la atención a pacientes involucra algún tipo de contacto directo e indirecto de equipos biomédicos en la prestación de servicios, asistiendo el diagnóstico y tratamiento en los usuarios. Estos procesos se realizan previa identificación de necesidades de la IPS en los servicios asistenciales y uno de los principios esenciales, es mantener en condiciones de seguridad y funcionamiento estos equipos, ya sea en el orden del mantenimiento directo o realizado por un tercero, por tanto, se necesita un soporte técnico de análisis y verificación financiera del costo beneficio, del mantenimiento que se le debe garantizar a la tecnología biomédica dispuesta en la IPS según la forma de contratación para tal fin, lo que conlleva a tener información confiable y veraz, que brinde el correcto funcionamiento de los dispositivos biomédicos y en equilibrio con la balanza fiscal de la institución.

En busca de un punto de equilibrio entre la prestación del servicio con los equipos biomédicos, suministrando una atención segura, y la orientación universal pero conservadora de mantener un sistema de salud en déficit pero con deferencia con el usuario que lo necesita, se determina la necesidad de crear un software de análisis costo beneficio referente de los mantenimientos de equipos biomédicos que se desarrollan en la institución Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga tanto por el departamento de equipos como por sus proveedores de servicios de mantenimiento, con el fin de generar datos relevantes mediante un análisis financiero horizontal, que logre acertar en la viabilidad financiera de realizar directamente o por terceros, el mantenimiento de los dispositivos biomédicos.

### **Objetivo General**

Desarrollar un software para el análisis costo-beneficio de los contratos de mantenimiento de equipos biomédicos por un tercero en la Institución Prestadora de Servicio de Salud de alta complejidad.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la información técnica y financiera de los contratos tercerizados en el mantenimiento de equipos biomédicos para comprender el manejo administrativo de estos convenios.
- Diseñar un algoritmo para el análisis costo beneficio, determinando las variables que repercuten en el mantenimiento de equipos biomédicos por terceros, con el propósito de generar un software libre para la institución.

- Evaluar la incidencia de los resultados obtenidos del software, mediante el análisis costo-beneficio de la contratación de terceros, en el mantenimiento de equipos biomédicos, para determinar el funcionamiento del mismo.

### **Limitaciones y Delimitaciones**

El desarrollo y ejecución del software BIOA2, se efectúa con la información suministrada por el departamento biomédico de Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga S.A, quienes cuentan con un software de almacenamiento de reporte de servicios de proveedores de mantenimiento de equipos biomédicos y hojas de Excel donde estiman los mantenimientos directos ejecutados por el departamento de equipos médicos de la institución. El estudio de mantenimientos de equipos biomédicos se delimitó a las empresas Ingeniera y Soluciones Biomédicas SAS, MEDITEC, G-BARCO y el departamento de equipos médicos Los Comuneros. Lo anterior, se determinó por la representatividad en la asignación presupuestal en contratos con la IPS y la cantidad de equipos amparada en los convenios comerciales.

Debido al cambio del personal a cargo de la coordinación biomédica de la institución y acople a sus nuevas funciones, durante el periodo de la investigación, se tuvo acceso limitado a la información, por tanto, se extendió el tiempo de acopio de la información imprescindible para la elaboración del proyecto. En el desarrollo del proyecto se tiene presente únicamente el intervalo de información del 2016 al 2020, debido a que la información concluyente de variables de estudio del proyecto, no se encontró completa al momento de la recolección de datos, tanto por los proveedores como por la institución.

## Capítulo II

### Marco teórico y estado del arte

Se realizó la investigación previa, en línea de la propuesta de estudio y desarrollo del software, logrando soportar y documentar con literatura reciente, el análisis previsto, consolidando el fundamento teórico del proyecto, por tanto, se presenta a continuación dicha información:

#### Marco teórico

Según la ley 100 de 1993 define a las Instituciones Prestadoras de Salud como “entidades oficiales, mixtas, privadas, comunitarias y solidarias, organizadas para la prestación de los servicios de salud a los afiliados del Sistema General de Seguridad Social en Salud, dentro de las Entidades Promotoras de Salud o fuera de ellas. Son entidades organizadas para la prestación de los servicios de salud, que tienen como principios básicos la calidad y la eficiencia, cuentan con autonomía administrativa, técnica y financiera, y deben propender por la libre concurrencia de sus acciones”. Las IPS buscan brindar bienestar a los usuarios prestando sus servicios para el diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades con ayuda de recurso humano y tecnología biomédica. (Ley 100. Por La Cual Se Crea El Sistema de Seguridad Social Integral y Se Dictan Otras Disposiciones., 1993)

En relación a lo mencionado anteriormente según la Organización Mundial de la Salud (OMS), define a los equipos médicos como un dispositivo médico que requiere calibración, mantenimiento, reparación, capacitación de los usuarios y retirada del servicio, actividades gestionadas, normalmente por ingenieros clínicos. Sin embargo, cabe resaltar que los dispositivos implantables, desechables o de un solo uso no son considerados equipos médicos. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

Para brindar un buen servicio es indispensable realizar periódicamente mantenimientos a los equipos médicos, es decir un conjunto de actividades necesarias que se realizan con el fin de conservar las propiedades, en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico, previniendo daños o repararlos si ya ocurrieron. (Castrillón, 2017)

Por otro lado, la guía técnica de criterios de estandarización del equipamiento hospitalario, caracteriza a cada equipo biomédico como un equipo con diseño y nivel tecnológico especializado para: diagnóstico, monitoreo, soporte, tratamiento y rehabilitación del paciente que lo necesite. Para cumplir con este soporte asistencial, se programan cronogramas de mantenimiento preventivo, instrumento administrativo que proporciona acciones sistemáticas de trabajo, en intervalos de tiempo acorde a la prestación y capacidad del servicio en las instituciones de salud, donde se realizan inspecciones periódicas, limpieza, lubricación, ajuste, comprobación y reemplazo de piezas de los equipos biomédicos. (Primerio et al., 2015)

Una vez mencionada, se estudia a detalle cada uno, iniciando con el mantenimiento preventivo: mantenimiento que se realiza con el fin de prevenir daños. Generalmente se realiza un cronograma en el que se programan estos mantenimientos cada cierto intervalo de tiempo, regularmente dicho cronograma es planteado por el proveedor. Estas son unas de las actividades que normalmente se realizan a la hora de un mantenimiento preventivo, inspecciones periódicas de instrumentos y equipos, limpieza, lubricación, ajuste, comprobación y reemplazo de piezas defectuosas que están fallando o producen fallos en la operación del equipo. (INVIMA, 2019)

Adicionalmente, existe el mantenimiento correctivo, que consiste en: el conjunto de actividades que se realizan para corregir errores y solucionar fallas, este tipo de mantenimiento se ejecuta cuando ocurre un problema para solucionarlo. (Integra Markets, 2018)

Este tipo de mantenimiento no maneja un cronograma es decir no es planificado, es llevado a cabo a partir de un reporte que realiza el personal que trabajó con dicho equipo, al no ser planeado suele ser significativamente más costoso que el mantenimiento preventivo. (Primero et al., 2015)

Y por último, está el mantenimiento predictivo: consiste en la intervención que se lleva a cabo en los equipos que aparentemente se encuentran en perfecto funcionamiento; sin embargo, cuando se intervienen en el proceso de revisión se observan fallas. Realizar este mantenimiento da ciertos beneficios tales como la optimización en tiempo y costos de la gestión del personal de mantenimiento de los equipos. (Bambarén & Alatrística, 2011)

Estos programas de mantenimiento requieren de lineamientos básicos que posibiliten la evaluación técnica y económica de las diversas modalidades de contratación para ejecutar los programas de mantenimiento en las instituciones prestadoras de salud, permitiendo seleccionar la modalidad que genere mayor rentabilidad, en beneficio de las instituciones prestadoras de salud, determinando el costo-beneficio neto de la prestación del servicio.

Los métodos de estudio financiero más utilizados, en los procesos de asignación presupuestal son: el análisis financiero vertical y el análisis financiero horizontal, el primero es un estudio acotado en un periodo de tiempo, donde el rendimiento se expresa en unidades porcentuales, y el segundo se contrasta con muestras de dos o más años, donde la tendencia se cuantifica con los resultados de un año base, brindando al usuario información relevante en provecho de la institución. (Barajas, 2008)

Por la relevancia que supone cada estudio, se profundiza a partir del análisis financiero vertical que consiste en: permite analizar e interpretar las tendencias y tomar decisiones

administrativas y financieras como pronóstico tendencial. El método demostrado para analizar e interpretar los estados financieros tiene sus ventajas en cuanto a reflejar comportamiento de las partidas o cuentas contables. Logrando tomar decisiones con estimaciones, y procediendo a futuro a emplear regresiones con el fin de disponer estados financieros proyectados. Solo es manejable para obtener tendencias de cifras en base del pasado. (Guzmán, 2018)

Y por otro lado, se tiene el análisis financiero vertical: método que consiste en mostrar los cambios expresados como porcentaje de un total significativo que representa un 100%, que permita poder efectuar comparar los cambios anuales ocurridos. Tiene la ventaja que permite efectuar evaluaciones dentro de un periodo sin requerir de otros periodos y observar también tendencias. (Guzmán, 2018) Este análisis permite tener un enfoque global de la estructura del estado financiero, muestra la relevancia de cuentas o grupo de cuentas dentro del estado y controla la estructura porque se considera que la actividad económica debe tener la misma dinámica para todas las empresas. (Estupiñán & Estupiñán, 2006)

### **Marco Legal**

Entendiendo que el manejo de información suministrada por el Hospital Universitario Los Comuneros, son acuerdos comerciales privados entre la institución y un tercero, se referencian las normativas legales que se tuvieron en cuenta en el desarrollo del proyecto.

#### **Ley**

Es importante mantener la discreción en el manejo de los datos suministrados por la institución prestadora de salud, que están amparados por la ley estatutaria 1581 del 2012, donde se tiene como objeto, regular el régimen de protección de datos personales en bases de datos, sin importar la naturaleza del mismo, pública o privada, los requisitos de la autorización, principio

de responsabilidad y la labor a desempeñar de los intervinientes dentro del manejo de responsabilidad y encargo del tratamiento de datos. (Congreso de la República de Colombia, 2012)

En los requisitos de cumplimiento sanitario establecidos en la normativa vigente colombiana se debe verificar en la institución, que los procedimientos y condiciones de la IPS se adopte al manual de inscripción de prestadores y habilitación de servicios de salud, establecidos en la resolución 3100 de 2019, (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019a) adicional el decreto 4725 de 2005 donde se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano, en específico el artículo 39 sobre recurso humano para el mantenimiento de equipos biomédicos, donde determina unos lineamientos de servicio de soporte técnico de los equipos biomédicos, ya sea de manera directa o contratando con un tercero. (Ministerio de la Protección Social, 2005) Por último, la resolución 123 de 2012 acerca del manual de estándares de acreditación, donde se evalúa el nivel de calidad alcanzado por las instituciones prestadoras de salud. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012)

### **Decretos**

En referencia al marco reglamentario de la ley 1581 del 2021, se expide el decreto 1377 de 2013. (Ministerio de Comercio Industria y Turismo)

### **Resoluciones**

Las resoluciones en Colombia, emanan de la necesidad de establecer y definir las acciones no normativas que solventan los diversos ámbitos oficiales e implican en el desarrollo del proyecto

Resolución 1445 de 2006: Definen los lineamientos instrumentales que guían el proceso de acreditación en las instituciones de salud, en busca del mejoramiento continuo de calidad en general. (Ministerio de la Protección Social, 2006)

Resolución 4816 del 2018: Establece acciones dirigidas a prevenir y reducir los eventos adversos que deriven en perjuicios o daños en la atención de salud prestada. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2008)

Resolución 3100 de 2019: Se definen los procedimientos de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación, donde se adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Servicios de Salud. Esta resolución se adopta por los requerimientos que debe cumplir la institución para habilitar los servicios, donde se instalan los equipos biomédicos. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019)

## **Estado del arte**

### ***Contexto internacional***

En el trabajo “Mejora de la Gestión de Mantenimiento en el Sistema de Climatización mediante la Metodología PAS 55 en el Hospital León Becerra de Guayaquil” realizado en Ecuador , los autores proponen la mejora de la gestión de mantenimiento en el sistema de climatización, esto debido a que el hospital no cuenta con un cronograma o financiamiento fijo para dichos equipos lo que representa un problema no solo en el reflejo del mal estado de los equipos sino también en la disminución de activos por falta de una buena gestión, para ello

primero identifican todas las variables que influyen en dicho problema , para posteriormente diseñar un sistema de gestión teniendo en cuenta esas variables para suplir los requerimientos con el fin de prestar un mejor servicio, posteriormente evaluaron la propuesta planteada económica y financieramente. (Torres, 2021)

Este trabajo de investigación soporta este proyecto ya que busca mejorar la gestión de mantenimiento evaluando primero el estado del cumplimiento de mantenimientos, para plantear una mejora, nos muestra diferentes metodologías para el apoyo en la toma de decisiones en un hospital.

En el trabajo el “Estudio técnico económico en el reemplazo de equipos médicos y su impacto en la productividad del Hospital Santa Catalina de San Pedro de LLOC 2018-2019” realizado en Perú, los autores proponen mejorar la eficiencia del hospital, para ello primero realizan un análisis de todos los equipos con el fin de evaluar su eficiencia esto teniendo en cuenta el índice de costo-beneficio a partir de los estados financieros del hospital, posteriormente con los equipos seleccionados a realizar el análisis determinan todos los gastos por tercerización que implica tenerlos y así mismo sus ingresos con el fin de calcular su productividad, al tener dichos datos procedieron a calcular el costo y productividad mediante el índice costo-beneficio de los equipos si el hospital decidiera tenerlos, donde se logró observar que se tendría mayor utilidad y productividad si se tomara la decisión de adquirir dichos equipos contemplando su vida útil. (Sánchez & Peche, 2021)

Este trabajo de investigación soporta este proyecto debido a que pretenden mejorar la eficiencia por medio de la productividad del hospital, mediante un análisis económico utilizando

los índices de costo-beneficio en el reemplazo de equipos médicos, lo cual es de gran impacto para el hospital ya que sirve de ayuda en la toma de decisiones y obtener resultados positivos.

La investigación acerca de “Un modelo de minimización de costos de mantenimiento de equipo médico mediante lógica difusa” los autores proponen un algoritmo basado en lógica difusa que modela un Plan de Gestión de Mantenimiento de Equipos Médicos, con la necesidad de generar una herramienta que facilite el análisis de gestión de mantenimiento implementando la optimización de costos, disponiendo de variables significativas para considerar no solo el beneficio económico, sino los ciclos de vida útil de cada dispositivo biomédico, tales como: la disposición, adquisición y utilización. Se rescata de este proyecto la identificación de estas variables ya que hacen centrar el modelo de minimización en la importancia y prioridad del dispositivo en el paciente obteniendo como referencia la función del equipo, el riesgo en la aplicación clínica y los requerimientos de mantenimiento, ponderando y categorizando en sus niveles de prioridad. (Cabrera et al., 2019)

Este trabajo de investigación aporta para el proyecto la modelación de las herramientas del algoritmo para generar un análisis de gestión de mantenimientos, donde se referencia la priorización del dispositivo, categorizando los niveles de requerimiento de cada equipo biomédico, necesarios para establecer los tiempos de atención oportuna de los mantenimientos sin afectar el servicio.

En el trabajo de investigación acerca de la “Optimización del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de los equipos biomédicos del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati, Lima, 2017” el objetivo es mejorar la productividad de los equipos biomédicos,

teniendo en cuenta los mantenimientos ya que de ello depende su buen funcionamiento, aportando un análisis que desarrollaron para identificar las causas de la baja productividad de los equipos biomédicos a lo que se llega a la conclusión que es la mala gestión de mantenimiento, por ello implementan un plan de mantenimiento de equipos biomédicos, determinan las prioridades basados en el libro de la OMS (introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos, en el desarrollo del trabajo plantean unos formatos donde especifican las actividades que realizan en un mantenimiento, esto con el fin de optimizar y lograr una mayor productividad, posteriormente realizaron un análisis en Microsoft Excel y SPSS V. 23 aplicando los formatos que se mencionaron anteriormente el autor concluyó que se logró incrementar la eficiencia y productividad. (Flores, 2017)

Este trabajo de investigación soporta este proyecto debido a que mejora la productividad de los equipos biomédicos, bajo optimización de la teoría existente como es el mantenimiento preventivo, a través del cumplimiento del programa de mantenimiento y la reducción de los trabajos imprevistos. En el desarrollo de la implementación de la mejora se establecieron formatos de ejecución de trabajo donde delimita las tareas a ejecutar en cada realización de un mantenimiento preventivo.

En la revista académica *Contribuciones a la Economía de Ecuador*, presentan el análisis costo beneficio como una técnica para tomar las mejores decisiones en proyectos de inversión, puesto que es una herramienta que permite predecir ganancias en tiempo y costos en la gestión de las organizaciones. Lo anterior, siempre y cuando la relación costo-beneficio sea superior que la unidad. En este artículo mencionan los métodos aplicados con mayor frecuencia en el análisis del costo beneficio, donde se debe tener en cuenta la variabilidad y cuantificación de costos en el

análisis. La contribución de este artículo al proyecto es la revisión a fondo de la literatura respecto al análisis costo beneficio donde plantea su origen, aplicación, análisis, identificación y desventajas, el autor llega a la conclusión que este método es una herramienta importante para la gestión de proyectos que permite conocer las ganancias en tiempo y costos. (Jácome & Carvache, 2017)

El proyecto “La gestión de un programa de mantenimiento de los equipos biomédicos en el servicio de emergencia-UCI del Hospital Nacional Alberto Sabogal Sologuren 2016” tiene como objetivo comparar la gestión de mantenimiento que manejan en el servicio de urgencias y en UCI, para ello realizan una investigación en la que aplicaron una encuesta a los trabajadores de los dos servicios con el fin de identificar las diferencias de la gestión del programa de mantenimiento de los equipos biomédicos que manejan en cada servicio, posteriormente realizaron un análisis estadístico en el que identificaron que la gestión financiera, del personal, operativa y el desempeño de los trabajadores estén ligados con la gestión del mantenimiento, para realizar el análisis estadístico utilizaron un software SPSS 21.0, como resultado identificaron la mala gestión que manejan y la necesidad de implementar acciones de mejora en dos servicios tan importantes. (Flores-Rodríguez, 2017)

Esta investigación contribuye al proyecto ya que realizan un análisis del programa de mantenimiento de una clínica de atención especializada la cual requiere de equipos biomédicos especiales, por lo tanto, tercerizan este servicio de mantenimiento y resaltan la importancia de tener en cuenta los recursos financieros, materiales y humanos para realizar un buen mantenimiento y extender la vida útil de los equipos y así mismo administrar adecuadamente los costos.

En la “Implementación del plan de mantenimiento preventivo para equipos biomédicos de emergencia y áreas críticas de un hospital de la región Lambayeque” en Perú, tienen en cuenta los factores de mantenimiento de equipos, entrenamiento del personal y los procesos de adquisición de los equipos biomédicos, con las incidencias inherentes a la inversión hecha en cada dispositivo, relacionando la propiedades técnicas, de seguridad, efectividad, eficacia, atributos económicos e impactos sociales y legales. Lo anterior con el objetivo de evaluar costos, razón costo-beneficio, tanto a corto y largo plazo, facilitando a las instituciones prestadoras de salud el cumplimiento de las metas de la planeación estratégica de la institución, evitando excesos de costos en la adquisición de equipos, emplear correctamente los presupuestos, controla los riesgos con los equipos y maximizar la vida útil de los equipos biomédicos, mediante un proceso de valoración de cada dispositivo, definiendo las prioridades de cada uno, efectuando un análisis de resultado donde se recolectan las características y falencias de los procesos. (Baca & García, 2015)

Esta investigación aporta al presente proyecto en que se revisó y analizó las fallas de los equipos registrado en los históricos de mantenimiento, las cuales denotara la problemática institucional, durante el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo se actualizó el inventario físico-funcional, se realizó el inventario para el mantenimiento de los equipos biomédicos basado en el riesgo, se determinó los costos, presupuestos y el beneficio económico de la implementación del plan de mantenimiento.

En el artículo “Propuesta de reglas de decisión en las evaluaciones económicas de tecnologías sanitarias para el contexto cubano” presenta una serie de reglas para la decisión en la evaluación económica con el fin de optimizar los recursos y así mismo obtener beneficios teniendo en cuenta la literatura, el resultado de la evaluación económica solo se tiene en cuenta siempre y cuando su indicador sea numérico, por lo tanto, plantean 3 criterios de decisión: costo efectividad, costo utilidad y costo beneficio, estos criterios se utilizan de acuerdo a las 3 reglas que plantearon para disminuir la incertidumbre. (Castillo et al., 2011)

El artículo de investigación aporta al presente proyecto los elementos a tener en cuenta, para que el resultado de la evaluación económica sea considerado por los encargados de tomar decisiones de las instituciones médicas, es que estén avaladas por un indicador (valor numérico) que, de algún modo, resume el resultado final del análisis y pueda ser empleado como una regla de decisión en la distribución de recursos económicos.

En el artículo “La tercerización del mantenimiento como contribución al mejoramiento del desempeño de la organización. Procedimiento para la toma de decisiones” plantea un procedimiento para la empresa que permite facilitar el proceso de toma de decisiones a la hora de elegir con quién es más viable realizar el mantenimiento con medios propios o contratar a terceros con el fin de mejorar la confiabilidad operacional. Para realizar este procedimiento usan un método de selección multicriterio, en el cual deben definir las variables que influyen en los servicios de mantenimiento. Posteriormente aplican una matriz de decisión para cada proveedor, aplicando un peso a cada variable definida esto lo determinan calculando la Función Base de la Mejor Interna (FBMI). Este artículo aporta alternativas que se podrían aplicar para la toma de

decisiones en caso de la tercerización de mantenimientos, además de realizar primero una selección de proveedores lo cual daría mayor fiabilidad. (Llanes et al., 2008)

Este trabajo de investigación aporta al presente proyecto una metodología que facilita la toma de decisiones sobre la tercerización del servicio de mantenimiento, en empresas del sector manufacturero del Valle del Cauca, analizando la situación actual y priorización de servicios a externalizar contribuyendo con una cuota de ahorro de costos proporcional al presupuesto asignado y cómo hacer una implementación exitosa y confiable, y con esto, se espera contribuir al mejoramiento de la rentabilidad de las empresas de la región y el país.

### *Contexto nacional*

“La evaluación de indicadores en la gestión de mantenimiento de equipos médicos en la Fundación Hospital San Pedro” de Pasto, determina que personal es más idóneo para realizar mantenimientos específicos, basados en el historial de fallas de la institución, buscando optimizar tiempos de atención del equipo y la posibilidad de realizar actualizaciones en capacitaciones para personal en áreas específicas de mantenimiento, para ello se generan unos procesos específicos donde: se actualizan datos del inventario, diferenciación de equipos, planificación de los mantenimientos preventivos, inspecciones, diferenciación de equipos, control de actividades y cálculo de costo en mantenimientos. Posterior a ello, se revelan los factores más relevantes mediante la evaluación de los indicadores de mantenimiento, donde se estima cada indicador de disponibilidad, cumplimiento, costos, eficiencia, mantenimiento e incluso las falsas solicitudes de equipos que están operando normalmente, generando una asignación de valores de prioridad mediante cuatro criterios, que sumados reflejan la precedencia del dispositivo en el Hospital. (Erazo, 2019)

El aporte de esta investigación a la realización del proyecto, se soporta en el modelo evaluación de indicadores de desempeño específicos, según los factores de relevancia de cada equipo presentados en clínica y que generan un modelo idóneo para buscar optimizar los tiempos de mantenimiento de los equipos biomédicos y determinar la eficiencia de estos procesos internos.

En la monografía de “Estructura del departamento de ingeniería y mantenimiento para instituciones hospitalarias de tercer nivel en Colombia”, tienen como objetivo establecer las características de la estructura de los departamentos de ingeniería y mantenimiento, que propicien el éxito de la gestión de la tecnología en salud. Allí evalúan los indicadores cualitativos y cuantitativos que permiten tener claro los procesos de evaluación y funcionamiento de las instituciones clínicas. En estos indicadores se evalúan la disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad, indicadores secundarios como: accidentabilidad, mano de obra externa y un reconocimiento estructural del departamento de ingeniería y mantenimiento, lo que facilita un marco lógico de las etapas de mantenimiento y genera un informe detallado con alcance preponderante a la gestión tecnológica en la institución prestadora de salud. (Andrade & Camacho, 2018)

Esta investigación aporta un marco de referencia para establecer los lineamientos de indicadores cualitativos y cuantitativos en el modelo de gestión de tecnología en salud, donde se permita evaluar el funcionamiento de la estructura de mantenimiento fijada en la institución clínica.

En el artículo “Metodología para la evaluación y selección de proveedores de servicios de mantenimiento” plantean una metodología que tiene como objetivo evaluar y seleccionar el proveedor más indicado para el servicio de mantenimiento, para ello realizaron una encuesta a Instituciones Prestadoras de Salud donde se evidenció la falta de gestión tecnológica hospitalaria y determinaron los criterios que intervienen en la selección, posteriormente aplicaron un análisis DOFA para seleccionar el mejor método para la toma de decisiones, uno de los pasos que se debe resaltar en este método aplicado es la decisión de tercerizar, donde dan peso a una serie de criterios que les permite definirlo por medio de la media aritmética, posterior a eso tienen en cuenta las demás variables planteadas anteriormente. Finalmente, como resultado construyen un manual de procedimientos para la evaluación y selección de proveedores de servicios de mantenimiento. (García, 2013)

Este artículo de investigación aporta a la realización del presente proyecto en la orientación de la contratación de proveedores de servicios dirigido a los jefes y directores de mantenimiento de equipos biomédicos denotando el proceso previo de búsqueda, evaluación y selección de terceros. Donde se incluye un manual que consta de seis pasos a ejecutar de manera secuencial, que sirve como una guía lógica, ordenada y eficiente para realizar las actividades necesarias para la evaluación y selección de proveedores de servicios de mantenimiento en las instituciones prestadoras de salud.

En el “Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la Clínica Universitaria Bolivariana”, se genera una herramienta informática con el fin de gestionar la información de mantenimiento de dispositivos clínicos y facilitar su adecuada

administración, tanto en la gestión de la información y el mantenimiento, como garantizando el cumplimiento de la función de cada equipo biomédico que se requiere en la institución, esta investigación proporciona un direccionamiento estratégico en los planes de mantenimiento internos, en ruta a la necesidad de un sistema oportuno, que permita proporcionar calidad y eficiencia en los servicios prestados, cumpliendo los parámetros de habilitación, bajo los cuales se tienen indicadores de un correcto manejo y utilización de los activos de la institución, siempre colocando como objetivo la preservación de la vida del paciente. Durante el desarrollo de la herramienta informática determinaron la priorización de equipos y la criticidad de los mismos, generando un menú de mantenimiento categorizado: correctivo y preventivo, según el orden y cronograma dispuesto para cada equipo, dando como resultado un informe de gestión, donde se describe la fecha de solicitud, ambiente, código interno, periodicidad en el caso de ser preventivo, solicitantes, responsable, tiempo estipulado del mantenimiento, costos de repuestos, tiempo laborado y las observaciones, generando un reporte detallado del mecanismo de administración asignado en la institución en el mantenimiento de los dispositivos biomédicos. (Calle & Sánchez, 2013)

Este trabajo de investigación soporta la realización del presente proyecto debido a que provisiona al área de mantenimiento de las instituciones médicas de herramientas que posibiliten y den respaldo a las acciones preventivas, predictivas y correctivas de mantenimiento de equipos biomédicos e infraestructura clínica, que hace más eficiente el uso de los recursos financieros, mediante técnicas que ahorran tiempo de trabajo dando eficiencia en la inspección constante de los activos de las instituciones prestadoras de salud, en este caso puntual, en la clínica universitaria de la Pontificia Bolivariana.

### *Contexto local*

En el “Desarrollo del software para el análisis costo beneficio de la adquisición de torres de laparoscopia entre modelo de adquisición de compra directa y comodato” realizado por la Universidad Autónoma de Bucaramanga, se tuvo en cuenta los dos modelos de adquisición en los procedimientos de colecistectomía por laparoscopia en Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga S.A. Donde se recolectó información de los diversos contratos y cotizaciones sobre cada modelo, insumos requeridos y demás costos relacionados para generar un informe que precise qué modelo de adquisición genera mayor beneficio económico a la institución médica. (Valdes & Rodríguez, 2021)

Este trabajo de investigación aporta al presente proyecto una estructura de medición de costos basado en un análisis financiero, que permite determinar el importe propio de cada modelo de adquisición, originando un informe económico capaz de soportar, las decisiones orientadas a la fijación de un modelo beneficioso para la institución médica.

La “Evaluación del costo-beneficio de los equipos biomédicos utilizados en procedimientos de urología en el servicio de cirugía de Los Comuneros Hospital Universitario de Bucaramanga S.A”, desarrollado por la Universidad Autónoma de Bucaramanga, generan una herramienta tecnológica capaz de calcular el beneficio económico de los procedimientos de los equipos biomédicos de urología, previa recolección de la información económica de cada trámite, donde permiten contrastar la información de los métodos de adquisición: compra directa y comodato. Al final generan un informe donde reflejan qué método genera menor impacto económico y es más beneficioso para la institución médica. (Cely & Bautista, 2020)

Este trabajo de investigación aporta al presente proyecto los lineamientos necesarios para la implementación de un estudio cuantitativo, basado en información financiera netamente numérica y medible, previa depuración, categorización y consolidación de las variables económicas inherentes a las intervenciones quirúrgicas de estudio. Lo anterior permite llevar un control y seguimiento de toda la información de gestión tecnológica en salud de la institución médica, evaluando el beneficio económico, según los resultados arrojados por el software.

En la “Caracterización del proceso de la gestión tecnológica en los equipos biomédicos disponibles en el servicio de cirugía de una institución de salud de alta complejidad de Bucaramanga” de la especialización de Gerencia en instituciones de salud de la UDES, determinan la evaluación económica como un elemento indispensable en el aprovechamiento de los recursos financieros con el fin de proveer una atención sanitaria adecuada y sostenible a la población. En la implementación de la metodología se caracteriza los equipos biomédicos de mayor incidencia dentro de la institución y sus variables más determinantes, donde se objeta al análisis específico de cada ítem, develando el presupuesto de adquisición, el modo de adquisición, el costo de adquisición, vida útil, depreciación, marca, proveedor, operabilidad, mantenimientos (preventivos y correctivos), tercerización, consumos, garantías y grado de obsolescencia. A partir de estos datos se elaboró un listado de análisis, donde se establece un amplio rango de ítems para identificar las bases porcentuales presentes en cada procedimiento inherente al funcionamiento del dispositivo, logrando evidenciar un soporte presupuestal que permita retroalimentar la inversión de la institución prestadora de salud de alta complejidad, generando un equilibrio entre sus gastos, ingresos y utilidad. (Puello, 2019)

El trabajo de investigación aporta al desarrollo del presente proyecto, en la consolidación de variables indispensables, en la determinación de la evaluación económica de los recursos financieros, asignados al presupuesto de mantenimiento de las instituciones médicas, implementando una metodología capaz de medir la incidencia de cada equipo en la institución, generando un soporte presupuestal que optimice el grado de inversión en los servicios de mantenimiento.

Este capítulo fue de gran importancia ya que permite tener bases conceptuales sólidas que sustentan la formulación del problema y valida por medio de antecedentes, es decir proyectos e investigaciones realizados anteriormente, los cuales sirven de apoyo para dar solución al problema planteado en este proyecto.

## Capítulo III

### Metodología

Esta investigación se llevó a cabo en una Institución Prestadora de Servicios de Salud (IPS) de alta complejidad, el tipo de investigación que se realizó es de tipo cuantitativo con un enfoque descriptivo, ya que los investigadores no tuvieron control alguno ni manipularon la información con la que se realizó el estudio, su enfoque es cuantitativo debido a que solo se organizó y analizó los costos y beneficios que influyen en los contratos de mantenimientos de equipos biomédicos realizados por terceros más representativos es decir la información que se tiene es numérica y posteriormente se describió los resultados obtenidos con el fin de cumplir los objetivos planteados anteriormente. Para ello fue necesario seguir un conjunto de pasos que estarán divididos en 3 fases y serán descritos a continuación:

#### *Fase I. Análisis financiero*

El primer paso consistió en recolectar la información financiera y técnica pertinente a los contratos de mantenimientos a equipos biomédicos realizados por terceros más representativos en los años 2016 al 2020 en la IPS. Primero se solicitó ante el comité de ética de la institución, la aprobación del proyecto y se firmó el acuerdo de confidencialidad con el objeto de emplear la información sobre los contratos de mantenimiento, reportes de mantenimiento preventivo y correctivo realizados en la institución, y poder hacer uso de ella

La información se obtuvo por medio del software institucional llamada Athenea.exe que maneja la IPS, en el cual tienen almacenados todos los reportes de mantenimiento preventivo y correctivo en formato PDF, que se le realiza a todos los equipos biomédicos, adicional se solicitó información referente con los costos de repuestos e insumos ligados con los programas de mantenimiento. Una vez obtenida toda la información, se organizó por proveedores los datos

obtenidos, posteriormente se depuró la información que no era relevante durante el estudio y se ordenó la información financiera y técnica de los programas de mantenimiento ejecutados en la institución de alta complejidad por terceros y el departamento de equipos médicos durante los periodos 2016 al 2020.

Una vez organizados y depurados los datos se definieron las variables técnicas y financieras de interés que influyen en el costo de los contratos como: personal a cargo, conjunto de equipos, valor de mano de obra, consumibles, herramientas, tipo de mantenimiento, tiempo de mantenimiento, valor de los repuestos y el año en que se ejecutó el reporte del servicio, en ocasión de ajustar la inflación anual, posteriormente teniendo en cuenta las variables definidas, se ponderaron los costos de los mantenimientos de los equipos realizados por los terceros y en paralelo, se confrontó la cotización de los mismos servicios pero estimando que los ejecutara la misma IPS con su departamento de equipos médicos, para ello se solicitó el stock de precios que maneja la institución y el valor aproximado por hora, de la mano de obra de los encargados del mantenimiento.

Una vez ponderadas las variables financieras, técnicas, costos y los ajustes inflacionarios que afectan integralmente el rubro de los mantenimientos en contratos, se realizó el análisis financiero de tipo horizontal, que permitió determinar el costo-beneficio en contratos por tercero y directo, mediante el contraste de los resultados correspondientes al mantenimiento de cada conjunto de equipos y el estimado aproximado planteado, si los mantenimientos los realizará la institución.

Los cálculos realizados para definir los pesos ponderados de cada variable se estimaron teniendo en cuenta, el contrato más representativo en mantenimientos, que cubre cerca de 142 equipos, del que el valor aproximado del contrato de mantenimiento, fijo por cinco años, cubre el

26,6% correspondiente a mano de obra directa y el 73,4% a repuestos y accesorios (repuestos, consumibles y herramientas). Teniendo en cuenta estas asignaciones, junto con el personal técnico de la institución, se ponderaron los porcentajes adjudicables a cada ítem, ajustando las unidades porcentuales, de la siguiente manera: 10% a herramientas, 40% a repuestos y 50% de consumibles.

Para determinar los costos específicos de consumibles y herramientas, se ajustó teniendo en cuenta que corresponde a un porcentaje del valor de accesorios y repuestos, que se pagan anualmente en 12 cuotas y a disposición de 142 equipos, en mínimo dos servicios de mantenimiento preventivo al año, obteniendo las variables fijas de consumibles y herramientas. En el caso del valor de los repuestos que es una unidad variable, se examinó el stock de precios que maneja el departamento de equipos médicos y se ajustó con el índice inflacionario acumulado, según el año que se ejecutó el mantenimiento.

Por último, se calculó el costo de los mantenimientos, operando el tiempo de mantenimiento por la mano de obra ajustada a la inflación para posteriormente sumar las variables de herramienta, consumibles y repuestos, resultando en el costo total de los mantenimientos.

### ***Fase 2. Elaboración del software***

En el diseño y desarrollo del algoritmo, se investigó e identificó los diversos lenguajes de programación compatibles con los sistemas operativos de los ordenadores objetivo a instalar la aplicación, donde se determinó la conveniencia, según los requerimientos y parámetros arrojados en el análisis financiero horizontal de costo-beneficio de los contratos de mantenimiento

ejecutados por terceros y directo. Por tanto, se seleccionó el lenguaje de programación capaz de ponderar cada variable que se digitaliza en el algoritmo, según la incidencia de unidad fija o variable, de acuerdo al ajuste del mantenimiento almacenado, para ello se investigó las características de diferentes lenguajes de programación como se puede ver en la tabla 1 se seleccionó el lenguaje de programación PHP teniendo en cuenta que ya se tenían conocimientos previos.

**Tabla 1**

*Tabla comparativa de lenguajes de programación*

Concepto	PHP	Java	Python	Ruby
Costo de servidor	Gratuito	Gratuito	Gratuito	Gratuito
Sintaxis de lenguaje base	C / C++	C / C++	C / C++	Perl, Smalltalk, Eiffel, Ada, y Lisp
Orientado a objetos	No completamente	Si	Si	Si
Sistema operativo	Linux o Windows	Linux o Windows	Linux o Windows	Linux o Windows
Servidor	Apache, compilador propio	Apache, Tomcat y Glassfish	Apache, compilador propio	Apache, compilador propio
Base de datos	MySQL	Oracle, MySQL	MySQL y PostgreSQL	MySQL y PostgreSQL
Proposito	Generar dinámicamente páginas Web	Generar dinámicamente páginas Web	Enfatiza la productividad y la lectura fácil del código	Código “divertido” y fácil de modificar por parte del desarrollador.
Ambiente de desarrollo	Eclipse y otras herramientas Open Source	Eclipse, Netbeans y otras herramientas Open Source	Eclipse, Netbeans y otras herramientas open Source	Eclipse, Netbeans y otras herramientas Open Source

Ambiente de desarrollo	Eclipse y otras herramientas Open Source	Eclipse, Netbeans y otras herramientas Open Source	Eclipse, Netbeans y otras herramientas Open Source	Eclipse, Netbeans y otras herramientas Open Source
------------------------	--	--	--	--

Fuente: (Valero et al., 2018)

El software cuenta con una interfaz preliminar de inicio de sesión, con los logos institucionales, y allí se encuentra un login que tiene precargado un usuario y contraseña habilitado para el personal del departamento de equipos médicos y del área administrativa de la institución, además cuenta con una guía de manejo o ayuda, que especifica paso a paso, el acceso y almacenamiento de datos en la aplicación, en caso de olvidar la contraseña o que se use por primera vez.

Tomando en cuenta, el análisis financiero de tipo horizontal seleccionado, que por medio de operaciones, funciones, controles y clases usadas en el código de la aplicación, para la debida digitación de datos en el formulario de cálculo de mantenimientos, que refleja los costos detallados del recurso humano, técnico y financiero de los contratos de mantenimiento de equipos biomédicos realizado por un tercero, en relación a la institución prestadora de salud de alta complejidad, sujeta a la posibilidad de ejecutarlo directamente con personal, se permite determinar, que el software cumple el servicio de exponer los acumulados de cada variable preponderante y visibilizar los rendimientos individualmente por conjunto de equipos biomédicos.

### ***Fase 3. Evaluación del software***

Una vez ejecutado el análisis financiero horizontal de los mantenimientos, se examinó la información según los reportes diligenciados, ya sea por costos relacionados con el contrato de mantenimiento ejecutado por terceros o por los costos ligados al eventual contrato de mantenimiento de equipos biomédicos por parte del personal de la IPS y según lo validado, se procede a concluir la relevancia del informe. En cuanto a la validez y fiabilidad de los datos que suministra el software, estos se contrastaron con las herramientas de trabajo de Excel con los resultados que estos arrojan, además, se evaluó la experiencia con la plataforma, y si esta cumple con una interacción afable con el usuario, mediante la capacitación del personal y encuestas sobre la misma.

En esta última fase se realizaron las respectivas pruebas funcionales y no funcionales que evalúan el funcionamiento del software. Las pruebas funcionales se centraron en la verificación del comportamiento del sistema, tanto en la aceptación del usuario, como en la prueba de los componentes del software, con el fin de evaluar el rendimiento de los componentes. Las pruebas no funcionales son respecto a la compatibilidad, rendimiento, instalación y desinstalación del software. En relación a la compatibilidad, está se refiere a que el entorno en que este software va a ejecutarse no tenga ningún inconveniente durante su funcionamiento afectando el rendimiento del software. Lo anterior, determina la fiabilidad del error promedio del algoritmo.

#### **Pruebas funcionales**

Con el objeto de constatar que la aplicación BIOA2 funcione correctamente, se procedió a la instalación de la base de datos en conjunto con las aplicaciones de sostén, y se ejecutó la activación de la URL de ingreso en el servidor de los computadores, posterior a ello se realizó la

prueba del sistema, que permite evaluar el rendimiento del software implementado, luego se efectuó la verificación de beneplácito, en la que el personal participa y hace constatar el adecuado funcionamiento de la aplicación, se verifica la creación de usuarios autorizados para acceso a la plataforma, el almacenamiento de los datos de mantenimiento, y la comprobación de que la información digitada, no se borre una vez cerrado el sistema.

### **Pruebas no funcionales**

Una vez ejecutadas las pruebas funcionales, que están ajustadas a la puesta en marcha del sistema, se determinó realizar las pruebas no funcionales, que consisten en comprobar la robustez, confiabilidad, compatibilidad y soporte de la aplicación BIOA2. Se verifica la estabilidad de conexión con el servidor, la carga que soporta en la digitalización, los atributos de seguridad y la adherencia de los usuarios que coordinan el uso del sistema. Finalmente se instala en las diversas versiones del sistema operativo Windows, comprobando la compatibilidad de la aplicación.

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento del sistema, se disponen las formalidades mínimas a tener en cuenta, en los procesadores de la institución, la guía de manejo del sistema y del personal a cargo de los programas de mantenimiento.

### **Herramienta de medición de adherencia**

Finalmente, se planteó una herramienta digital en Google Forms, que permitió establecer mediante la escala de Likert, las encuestas realizadas al personal encargado de la digitalización de la información de los mantenimientos. Esta escala es una herramienta de idoneidad, que

permite medir el grado de satisfacción o conformidad de los encuestados, orientado a determinada disertación de acuerdo o desacuerdo de las preguntas formuladas. (Matas, 2018)

En conformidad, a la metodología desarrollada, se permitió establecer un estudio objetivo que incide en la maximización del beneficio económico de la institución prestadora de salud permitiendo evaluar los programas de mantenimiento contratados.

En efecto, con la realización de las etapas propuestas se establecieron las variables a tener en cuenta en el estudio financiero de tipo horizontal y en el planteamiento de desarrollo de la aplicación, en donde se permitió un estudio riguroso, ordenado y objetivo del costo-beneficio, considerando las incidencias directas e indirectas de la maximización del beneficio económico en contratos de mantenimiento por terceros, de la institución prestadora del servicio de salud.

## Capítulo IV

### Resultados

A continuación, se presentan los resultados alcanzados en la implementación del análisis horizontal de tipo financiero, en función de las etapas previstas en la metodología, las variables definidas para el cálculo de los costos de mantenimiento y los acumulados por conjunto de equipos, de acuerdo al objeto de contrastar la información, determinando el beneficio económico conveniente la institución.

#### Fase 1

La información suministrada por el departamento de equipos médicos, en el software institucional de almacenamiento de reportes de servicios de mantenimiento Athenea.exe, se depuró y organizó, con el objetivo de simplificar el análisis de los reportes de mantenimiento ejecutados por los terceros más representativos en la institución, puesto que esta medida filtra la información significativa que interviene en el estudio de los contratos. En la **Tabla 2** se pueden observar las variables técnicas y financieras identificadas que influyen en el costo de los mantenimientos.

**Tabla 2**

*Variables técnicas y financieras identificadas*

Variables
Personal a cargo del mantenimiento
Tipo de mantenimiento
Tiempo empleado en mantenimiento
Valor mano de obra
Conjunto de equipos
Valor de consumibles
Valor de herramientas
Valor de repuestos
Año en el que se realizó

Una vez estructurados los datos, se permitió obtener los reportes de mantenimiento realizados por terceros, donde se estimó el tiempo empleado de cada tipo de mantenimiento, los repuestos solicitados y las observaciones de trabajo, permitiendo realizar el estudio del análisis financiero horizontal de costo beneficio en los contratos.

### Figura 1

*Contratos de mantenimiento por terceros y porcentaje de representación respecto al total de contratos convenidos en la institución.*

<b>CONTRATOS DE MANTENIMIENTO POR TERCERO</b>		
<b>Empresa</b>	<b>Valor Contrato</b>	<b>% Representividad</b>
G-BARCO	\$353.765.871	83,96
SURGIPLAST	\$11.945.220	2,83
MEDITEC	\$7.631.470	1,81
Ingenieria & Soluciones	\$4.938.500	1,17
Otros	\$43.093.825	10,23
<b>Total</b>	<b>\$421.374.886</b>	<b>100</b>

En la figura 1 se ponderan los contratos de mantenimiento por terceros convenidos por la institución prestadora de salud, denotando la representatividad de los contratos de mayor valor y en el ítem "Otros" una variedad de contratos pero de áreas especializadas. Lo que orienta la investigación al programa de mantenimiento de equipos de mayor incidencia financiera en la institución.

Los costos de los variables fijas, se determinaron según el valor total de cada uno de los contratos de mantenimiento en estudio, teniendo como marco de referencia el contrato más representativo que tiene la institución que es de aproximadamente \$353.765.872 millones de

pesos ajustado al periodo de contratación, fijos por cinco años y amparo de 142 equipos, de los cuales \$94.095.425 millones de pesos, corresponden a mano de obra cualificada y \$259.670.447 de pesos a repuestos y accesorios, segmentando los costos del contrato, facilitando la medición de las variables, además de contar con una lista de repuestos de cobertura . Esta segmentación no solo permite estimar los costos anuales de cada ítem y ajustar el precio de los repuestos, según el año del reporte del servicio de mantenimiento ejecutado por el tercero, sino además sirve de parangón en la cotización del mantenimiento directo por parte del departamento de equipos médicos de la institución prestadora de salud.

Teniendo en cuenta las estimaciones del contrato marco, se ponderaron los pesos de cada variable, inicialmente, ajustando la unidad porcentual que le corresponde, que, en el caso de la mano de obra, pertenece al 26,6% del contrato y los accesorios (repuestos, consumibles y accesorio) al 73,4%. En función de las variables de estudio, se procedió a calcular el valor por hora del encargado de los programas de mantenimiento del tercero, que en el caso del contrato marco, refirió un valor promedio hora de \$38.097 pesos.

Posteriormente, según las consideraciones del personal técnico de la institución, entendiendo que el contrato marco es referencia para ajustar la valoración de cada variable de estudio, se concertaron las estimaciones porcentuales de cada variable, ajustando el valor de la herramienta en un 10% del valor total del ítem accesorios, valor que tasado en dinero con el contrato marco, es de \$25.967.044 millones de pesos anual, y los consumibles valorado en un 50% que corresponde a \$129.835.223 millones de pesos anuales, y por último dejando a elección del usuario la lista de repuestos que se solicitó durante el mantenimiento de cada equipo, y ajustándolo del valor presente, al valor disminuido por la inflación, en el caso de los tipos de mantenimiento, se examinó la media de los tiempos de atención de reportes de servicio, lo que

logró unificar el mantenimiento preventivo con variable fija, regula en tres horas promedio y el mantenimiento correctivo como valor variable, susceptible de cambios, según el requerimiento del equipo .

Una vez precisados los pesos ponderados de cada variable, se establecieron los valores fijos en el estudio financiero y quedaron por definir los valores variables del cálculo de los costos de los mantenimientos ejecutados por terceros, que en el caso de la selección de repuestos, se ajustaron por inflación, sin embargo en el estudio de cotización de mantenimiento de comuneros, las variaciones son mayores, debido a que son estimaciones en relación a unas conjeturas en paralelo con los contratos de mantenimiento de equipos biomédicos que hoy se tiene en la institución, puesto que los únicos valores fijó determinados, son los de mano de obra por hora de los encargados en los mantenimientos.

## Figura 2

*Costos de programa de mantenimiento desembolsados a terceros vs cotización de costos del programa de mantenimiento realizado por Los comuneros*

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EJECUTADOS EN EL INTERVALO 2016 A 2020					
Programa de Mantenimiento Tercero					
Item	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020
Consumibles	\$129.835.224	\$129.835.224	\$129.835.224	\$129.835.224	\$129.835.224
Repuestos	\$103.868.179	\$103.868.178	\$103.868.178	\$103.868.178	\$103.868.178
Herramientas	\$25.967.045	\$25.967.044	\$25.967.044	\$25.967.044	\$25.967.044
Mano de Obra	\$94.095.425	\$94.095.425	\$94.095.425	\$94.095.425	\$94.095.425
Total	\$353.765.872	\$353.765.871	\$353.765.871	\$353.765.871	\$353.765.871
Cotización de Programa de Mantenimiento Los Comuneros 2016 - 2020					
Item	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020
Consumibles	\$99.973.122	\$105.721.577	\$110.045.589	\$113.545.039	\$117.859.750
Repuestos	\$65.238.460	\$68.989.671	\$71.811.349	\$74.094.950	\$76.910.558
Herramientas	\$19.994.624	\$21.144.315	\$22.009.118	\$22.709.008	\$23.571.950
Mano de Obra	\$76.878.094	\$81.298.584	\$84.623.697	\$87.314.730	\$90.632.690
Total	\$262.084.301	\$277.154.148	\$288.489.752	\$297.663.727	\$308.974.948

Una vez definidos los costos por programa de mantenimiento de las variables estimadas, se obtiene el contraste de ítems de inferencia del estudio, denotados en la figura 2.

Teniendo en cuenta el estudio financiero de tipo horizontal de costo-beneficio de los mantenimientos de equipos ejecutados por terceros y en paralelo la cotización de los mismos servicios pero por parte del departamento de equipos médicos de la institución, se resolvió inferir, que el modelo de contrato que mayor beneficio económico, le genera a la institución prestadora de salud, es la ejecución directa de los mantenimientos de los equipos biomédicos, ya que las variables fijas representativas (consumibles, mano de obra, y herramienta) son considerablemente inferiores a los contratos por terceros realizados en la institución. En términos porcentuales el ponderado acumulado en el intervalo de los cinco años del contrato del tercero objeto de investigación es de 366,27% superior a la cotización en paralelo del departamento biomédico, lo que se traduce en términos monetarios en aproximadamente \$334'462.481 millones de pesos durante el intervalo de tiempo mencionado. Esto teniendo en cuenta, que en el caso de los terceros contratados, las variables incidentes son considerablemente altas durante los cinco años del programa de mantenimiento, puesto que se entiende que son ajustadas a proyecciones de índice inflacionario por este periodo de tiempo, contrario a lo que ocurre en la institución prestadora de servicios de salud, donde el índice inflacionario se ajusta a las variables de cada año en cuestión y por tanto los ítems de estudios se ven ajustados a ese mismo incremento. Es de tener en cuenta, que este resultado a favor de un contrato directo, está sujeto a la seriedad en la política monetaria del país ya que el índice inflacionario depende de este comportamiento, y como se mencionó anteriormente, este ajuste es el que permite inferir que el contrato directo, sea el más beneficioso para la institución.

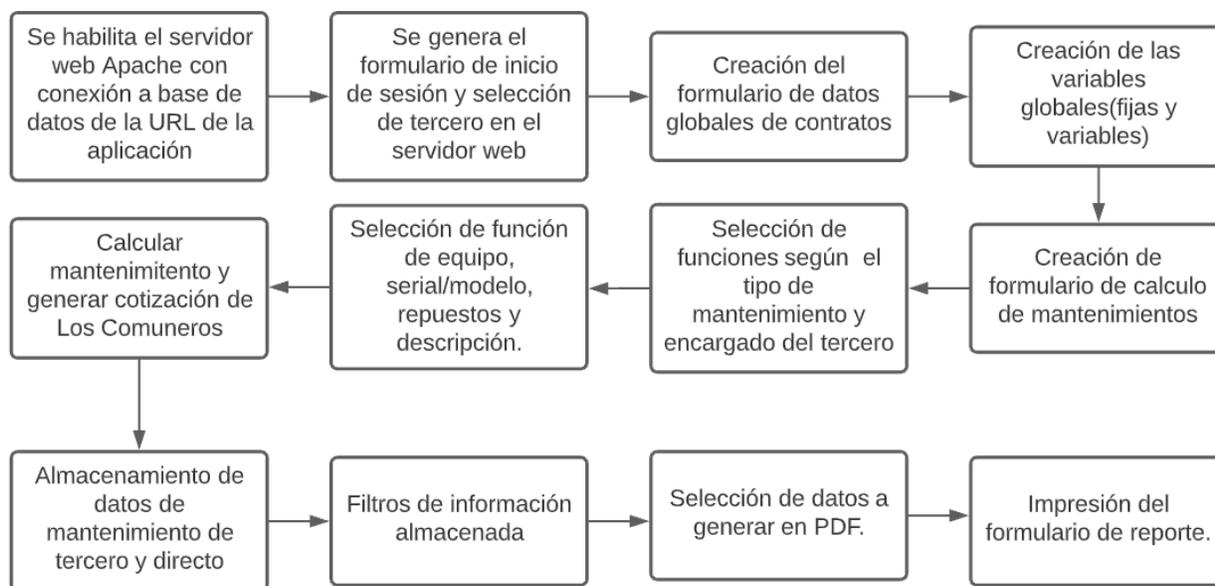
## **Fase 2**

Al analizar el proceso de adaptación a un ambiente y lenguaje de programación nuevo, que cumpliera con los requerimientos de compatibilidad y que generará un ambiente dinámico,

en la interacción del sistema con el usuario se realizó un cuadro comparativo que permitió establecer las características y similitudes que finalmente permitió seleccionar el entorno de desarrollo libre, Visual Studio Code 2019 utilizando el lenguaje de programación Php, soportando la gestión de la base de datos en el sistema de Microsoft SQLyog, como soporte de interfaz gráfica donde reside el proyecto se usa el sistema operativo Git Bash y por último, el paquete de la aplicación XAMPP que consistía en permitir que el proyecto armonizará la base de datos SQLyog con el servidor web Apache. Lo anterior, permitió el trámite de desarrollar el software de manera íntegra pero moderada, código que se puede visualizar en el anexo 3 un documento PDF.

### Figura 3

*Diagrama de bloques funcionamiento del software*



En el diseño de la aplicación, se tuvo en cuenta la accesibilidad y la progresividad de los pasos para manejar el software por parte del usuario, lo que permite mayor agilidad al momento de emplearlo, además visualmente se observa ordenada y se anexan en la plataforma, los logos

institucionales de Los Comuneros Hospital Universitario y el del programa de ingeniería biomédica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

En el proceso de inicializar al software BIOA2 se efectuaron los siguientes pasos:

Clic izquierdo en la carpeta BIOA2 y se seleccionó la opción Guide Bash Here.

Inmediatamente surgió el “master” o “terminal” del equipo donde se ingresó el comando: `php artisan serve` que comprobó e inicializó el servidor como se puede observar en la figura 4.

#### **Figura 4**

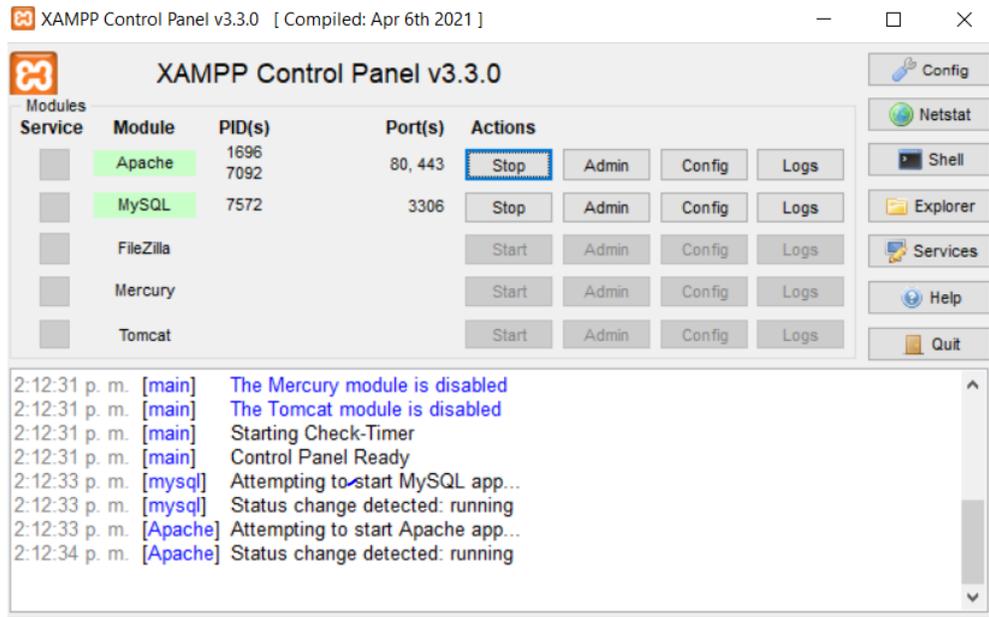
*Comando de inicialización del servidor.*

```
$ php artisan serve
Starting Laravel development server: http://127.0.0.1:8000
[Tue Jan 11 04:06:41 2022] PHP 8.0.13 Development Server (http://127.0.0.1:8000)
started
```

Posteriormente en el buscador del escritorio se ingresó a la app XAMPP y como se puede observar en la figura 5 se activaron los botones “start” de Apache y MySQL. Esto con el objeto de accionar la gestión de la base de datos con el servidor web.

#### **Figura 5**

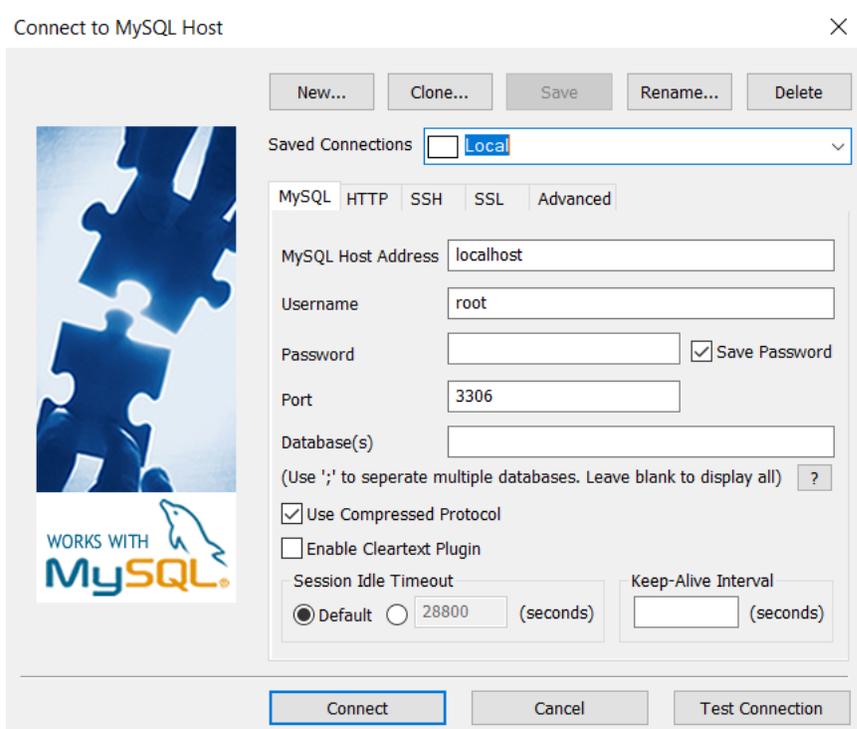
*Panel de control de Apache y MySQL*



A continuación, como se puede observar en la figura 6 se ejecutó en la app de MySQL la opción “connect” que enlazo la base de datos de la aplicación.

### Figura 6

*Enlace de la base de datos MySQL Host, con el gestor de datos.*



Una vez realizado cada paso, se incorporó al link: <http://127.0.0.1:8000/> en el buscador de preferencia (Google Chrome).

En cuestión de uso del software BIOA2 se tiene cuenta:

*Inicio de sesión:* Para iniciar sesión se debe ingresar el usuario y contraseña predeterminado.

Usuario: admin    Contraseña: admin

Luego como muestra la figura 7 se despliega una barra de selección y se debe elegir la empresa de la cual se va a digitalizar el mantenimiento (G-Barco, Meditec Surgiplast e Ingeniería y Soluciones Biomédicas S.A.S).

### **Figura 7**

*Formulario de Inicio de sesión y selección del tercero encargado del mantenimiento*

**Inicio de sesión**

**Nombre de usuario**

**Contraseña**

**Empresas**

  
 unab  
Universidad Autónoma de Bucaramanga  
**INGENIERÍA BIOMÉDICA**

  
**LOS COMUNEROS**  
Hospital Universitario de Bucaramanga S.A.

Posteriormente en la figura 8 se puede ver el *Panel de inicio*: En la parte superior izquierda, se observa la barra principal donde está pre seleccionada la opción Inicio.

En esa preselección aparecen cuadros de digitalización, en los que se debe ingresar de forma manual, el valor total del contrato anual, valor de mano de obra anual y cantidad de equipos cobijados en el contrato, como requisito mínimo para continuar con el proceso, aparece opcional, el ingreso del valor estimado para accesorios y repuestos, en caso de querer ajustar estos valores como variables fijas de lo contrario, esos rubros quedan variables a merced del convenio sujeto a análisis.

Una vez digitados los datos de la preselección en Inicio, se encuentra el formulario de cálculo de mantenimientos.

## **Figura 8**

*Formulario de Cálculo de Mantenimientos.*

Sistema BIOA2 Inicio Mantenimientos Registro usuarios Cerrar sesión

LOS COMAÑEROS

### Formulario de cálculo de mantenimientos

Encargado del mantenimiento Seleccione...	Valor mano de obra por hora
Tipo de mantenimiento Seleccione...	Tiempo de mantenimiento (horas)
Año Seleccione...	Valor mano de obra con IPC
Equipo Seleccione...	Serial / modelo
Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	
Descripción repuestos	

Calcular costo

En la figura 9 muestra la primera casilla del formulario, donde aparece una barra de selección, en el cual se debe escoger la opción del encargado del mantenimiento, en el caso del tercero, es de única opción: “Ingeniero”. Lo anterior, debido a que el soporte de proveedor solo lo hace este profesional.

Una vez seleccionado el encargado del mantenimiento, se refleja el valor actualizado de la mano de obra del profesional.

## Figura 9

*Barra de selección del encargado del mantenimiento.*

## Formulario de cálculo de mantenimientos

Encargado del mantenimiento	Valor mano de obra por hora
<input type="text" value="Seleccione..."/>	<input type="text"/>
<input type="text" value="Seleccione..."/>	Tiempo de mantenimiento (horas)
<input type="text" value="Ingeniero"/>	<input type="text"/>
<input type="text" value="Seleccione..."/>	
Año	Valor mano de obra con IPC
<input type="text" value="Seleccione..."/>	<input type="text"/>
Equipo	Serie / modelo
<input type="text" value="Seleccione..."/>	<input type="text"/>
Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	
<input type="text"/>	
Descripción repuestos	
<input type="text" value=""/>	
<input type="button" value="Calcular costo"/>	

En la figura 10 se puede ver la segunda casilla lateral, donde se selecciona el tipo de mantenimiento, en este caso, aparecen dos opciones: Correctivo y Preventivo.

En caso de escoger el mantenimiento correctivo, el valor es variable y lo debe digitar, el encargado del mantenimiento, en el preventivo, según estimación de los reportes de servicios de proveedores, se determinó como valor fijo de 2 horas y no es modificable (solo en la base de datos).

### Figura 10

*Barra de selección del tipo de mantenimiento.*

## Formulario de cálculo de mantenimientos

Encargado del mantenimiento	Valor mano de obra por hora
Ingeniero	20000
Tipo de mantenimiento	Tiempo de mantenimiento(horas)
Seleccione...	
Seleccione...	
Correctivo	Valor mano de obra con IPC
Preventivo	
Equipo	Serial / modelo
Seleccione...	
Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	
Descripción repuestos	
--	
Calcular costo	

En la figura 11 se puede ver la tercera casilla lateral, donde se selecciona el año en que se realizó el mantenimiento, en este caso, aparecen cuatro opciones: 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020. Una vez seleccionado el año, automáticamente el sistema calcula el costo de la mano de obra del encargado del mantenimiento, ajustado al año correspondiente según el IPC.

**Figura 11**

*Selección del año del mantenimiento.*

Formulario de cálculo de mantenimientos	
Encargado del mantenimiento	Valor mano de obra por hora
Ingeniero	20000
Tipo de mantenimiento	Tiempo de mantenimiento(horas)
Seleccione...	
Año	Valor mano de obra con IPC
Seleccione...	
2016	Serial / modelo
2017	
2018	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
2019	
Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	
Descripción repuestos	
--	
Calcular costo	

En la figura 12 se puede observar la cuarta casilla lateral, aparece la barra de selección del equipo del cual se va a digitalizar la información del mantenimiento.

**Figura 12**

*Selección del equipo al cual pertenece el mantenimiento.*

<b>Encargado del mantenimiento</b>	<b>Valor mano de obra por hora</b>
Ingeniero	20000
<b>Tipo de mantenimiento</b>	<b>Tiempo de mantenimiento(horas)</b>
Preventivo	2
<b>Año</b>	<b>Valor mano de obra con IPC</b>
2016	16636
<b>Equipo</b>	<b>Serial / modelo</b>
Electrobisturi	10000/2324
Seleccione... Equipo Módulo capnografía Monitor de signos vitales Ventilador mecánico Consola de contrapulsación Desfibrilador Desfibrilador DEA <b>Electrobisturi</b> Electrocardiografo Lámpara cefálica Lámpara pleltica Máquina de anestesia Mesa de tracción Módulo de calorimetría Módulo gasto cardiaco Módulo Picco Módulo relajación neuromuscular Vaporizador Prueba	<b>Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)</b>
	14000

En la figura 13 se puede observar las casillas subsiguientes, aparece el serial/modelo, donde se debe digitar los números y letras fidedignos del equipo que se está registrando en inventario.

En el caso del *valor de herramientas* y *valor de los consumibles*, estos se estiman con los rubros manualmente digitados en “Inicio”, calculando las variables fijas, de la siguiente forma:

Cálculo de *Valor de Herramienta*:  $(10\% \text{ del Valor Accesorios y Repuestos} / 12 \text{ meses}) /$   
 y luego dividido por  $(\text{Número de equipos} * 2 \text{ mttos preventivos al año})$ :

Cálculo de *Valor de Consumibles*: (50% valor de los accesorios/12 meses) / y luego dividido por la multiplicación de (Número de equipos\* 2 mttos preventivos al año)

En el caso de los repuestos, se despliega una barra de selección con el stock de repuestos previstos y una vez seleccionados, se ajusta el valor presente, al valor en que se realizó el mantenimiento. La opción de descripción de repuestos, se debe digitar la información relevante de la factura del repuesto y sus especificaciones.

### Figura 13

*Valores fijos y variables digitados, previo a calcular costos de mantenimiento.*

Formulario de cálculo de mantenimientos

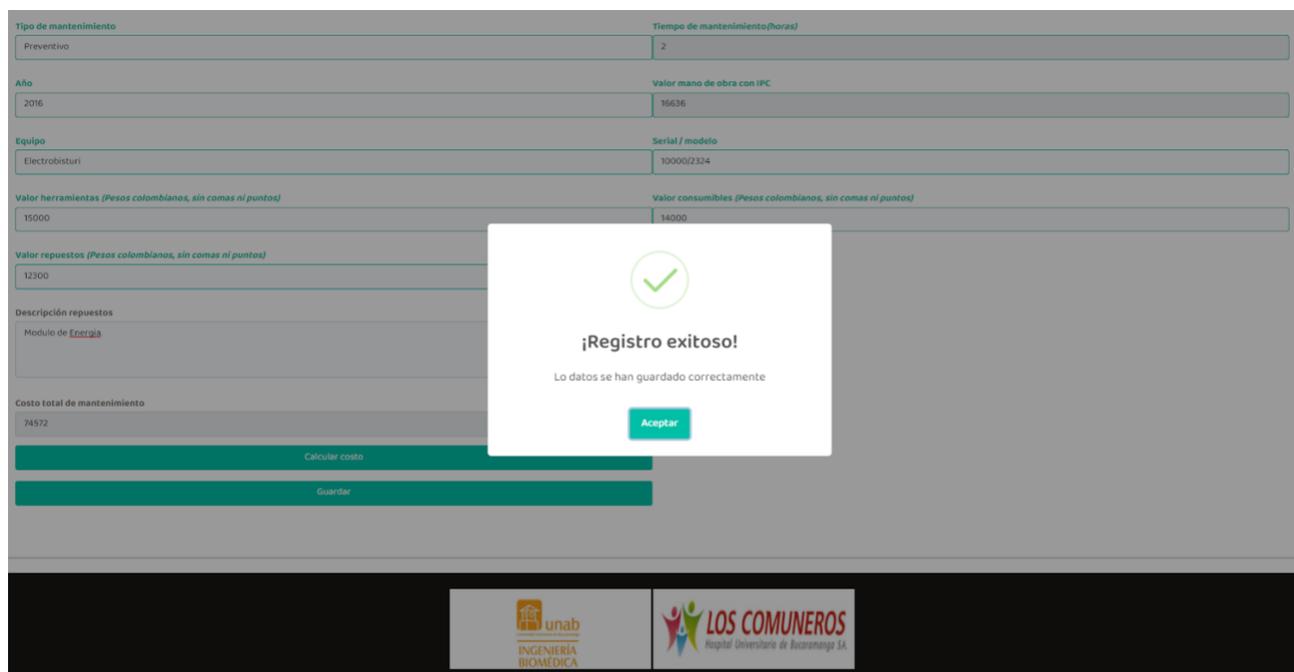
Encargado del mantenimiento Ingeniero	Valor mano de obra por hora 20000
Tipo de mantenimiento Preventivo	Tiempo de mantenimiento(horas) 2
Año 2016	Valor mano de obra con IPC 16636
Equipo Electrobisturi	Serial / modelo 10000/2324
Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos) 15000	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos) 14000
Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos) 12300	
Descripción repuestos Modulo de <u>Energía</u>	
Costo total de mantenimiento 74572	
<input type="button" value="Calcular costo"/>	
<input type="button" value="Guardar"/>	

Una vez digitalizada la información, se da click en el botón calcular costo y se actualiza la casilla del costo total de mantenimiento, calculando el valor total del mantenimiento.

Como se puede ver en la figura 14 si se requiere guardar la información, da click en el botón Guardar y le va aparecer una casilla emergente con el ¡Registro exitoso!

### Figura 14

*Registro exitoso en la aplicación.*



The screenshot displays a web application interface for maintenance registration. The background is a form with the following fields and values:

Tipo de mantenimiento	
Preventivo	2

Año	Valor mano de obra con IPC
2016	16636

Equipo	Serial / modelo
Electrobisturi	10000/2324

Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
19000	14000

Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
12300

Descripción repuestos  
Módulo de **Energía**

Costo total de mantenimiento
74572

Buttons: **Calcular costo** and **Guardar**

A modal dialog box is centered on the screen, featuring a green checkmark icon and the text: **¡Registro exitoso!** Lo datos se han guardado correctamente. An **Aceptar** button is located at the bottom of the dialog.

Logos at the bottom: **unab INGENIERÍA BIOMÉDICA** and **LOS COMUNEROS Hospital Universitario de Bucaramanga S.A.**

Como se puede ver en la figura 15 el software muestra inmediatamente la opción, calcular cotización de mantenimientos en Los Comuneros, en este caso particular es la única empresa que tiene tres opciones de selección: Ingeniero, Tecnólogo 1 y Tecnólogo 2.

### Figura 15

*Formulario de cálculo de mantenimiento de Los Comuneros.*

Formulario de cálculo de mantenimientos

Encargado del mantenimiento	Valor mano de obra por hora
Seleccione...	
Seleccione...	
Ingeniero	Tiempo de mantenimiento(horas)
Tecnólogo	
Técnico	
Año	Valor mano de obra con IPC
Seleccione...	
Equipo	Serial / modelo
Seleccione...	
Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	
Descripción repuestos	
...	
Calcular costo	

El valor de herramienta es variable, el valor de los consumibles es variable y el valor de los repuestos se ajusta con el seleccionado en el tercero.

Se mantiene el mismo año de mantenimiento seleccionado en el mantenimiento del tercero, el mismo equipo, el mismo serial/modelo, el mismo tipo de mantenimiento, el mismo tiempo de mantenimiento, se calcula en paralelo la gestión total de mantenimientos y se guardan los datos de Los Comuneros.

En caso de no tener valor de herramienta y accesorio dejar esos valores para digitar incluso en 0(variable).

*Selección del ítem Mantenimiento barra superior:*

En la barra superior se denota la opción Mantenimiento, la cual una vez seleccionada, como se puede ver en la figura 16 aparecen filtros de preferencia que, en caso de solicitar reporte de análisis tipo horizontal financiero de los formularios de cálculo de mantenimiento de cada equipo biomédico, los puede solicitar por empresa, por año y seleccionando el equipo de interés.

Una vez seleccionado los ítems, se da click en el botón consultar y aparecerán en una tabla ponderados los valores de los equipos solicitados.

**Figura 16**

*Selección de filtros de empresa, anualidades y equipo.*

**Filtros**

Los comuneros
  G-Barco
  Meditec
  Ingeniería y soluciones biomedicas S.A.S

2016
  2017
  2018
  2019

Nombre del equipo

Equipo	Vlr herramientas	Vlr consumibles	Vlr repuestos	Vlr hora	Tiempo	Total	Empresa
Electrobisturi	12300	23400	17000	200000	12	198500	Los comuneros
Electrobisturi	34500	12300	23500	200000	12	276700	Ingeniería y soluciones biomedicas S.A.S
Electrobisturi	15000	14000	12300	200000	2	74572	Los comuneros

Seguidamente como se puede ver en la figura 17 para generar un PDF con la información de cada equipo y con el cuadro de contraste por empresa, emulando el análisis financiero horizontal por año solicitado, de click en el botón Descargar PDF.

**Figura 17**

*Tabla de consulta de filtros en el servidor.*

Nombre del equipo  
Electrobisturi

Consultar

Equipo	Wz herramientas	Wz consumibles	Wz repuestos	Wz hora	Tiempo	Total	Empresa	
Electrobisturi	12300	23400		17000		200000	12	198500 Los comuneros
Electrobisturi	34500	12300		25500		200000	12	278700 Ingenieria y soluciones biomedicas SAS
Electrobisturi	15000	14000		12300		200000	2	74572 Los comuneros

Descargar PDF

Como se puede ver en la figura 18 una vez generado el PDF se descarga el reporte de los mantenimientos digitalizados en el software con las variables suministradas.

### Figura 18

*Reporte unitario de equipos por cotización de mantenimiento por Los Comuneros.*



**Reporte cotización de mantenimiento - BIOA2**

Equipo	Electrobisturi	Año	2017
Empresa	Los comuneros	Tipo mantenimiento	Correctivo
Costo Herramientas	\$12300	Costo consumibles	\$23400
Costo repuestos	\$17000	Encargado	Tecnólogo
Tiempo mantenimiento	12 horas	Valor mano obra	\$12150
Total	\$198500		

Como muestra la figura 19 al final de cada documento generado en PDF, aparecen los cuadros de comparación con los rubros gastados cada año, según la empresa que ejecutó el mantenimiento.

### **Figura 19**

*Informe comparativo de las variables representativas de los mantenimientos.*

**Los comuneros - preventivo - 2016**

Total herramientas	\$15000	Total consumibles	\$14000
Total repuestos	\$12300	Total tiempo	2 horas
Total mano de obra	\$16636	Total equipos	1
Total	\$74572		

**Los comuneros - correctivo - 2017**

Total herramientas	\$12300	Total consumibles	\$23400
Total repuestos	\$17000	Total tiempo	12 horas
Total mano de obra	\$12150	Total equipos	1
Total	\$198500		

**Ingeniería y soluciones biomedicas S.A.S - correctivo - 2018**

Total herramientas	\$34500	Total consumibles	\$12300
Total repuestos	\$23500	Total tiempo	12 horas
Total mano de obra	\$17200	Total equipos	1
Total	\$276700		

**Fase 3**

Una vez implementado el software se instaló en 5 equipos con especificaciones diferentes, como se puede observar en la **Tabla 3**, las características de estos 5 equipos con el fin de realizar las pruebas funcionales y no funcionales. Al llevar a cabo la prueba de instalación todos los equipos tuvieron una respuesta satisfactoria exceptuando el equipo número 3 que presentó dificultades y no se pudo instalar ya que no cumplía con las características mínimas para ser instalado, esto debido a su tipo de sistema.

**Tabla 3**

*Especificaciones computadores de prueba*

Características / equipo	1	2	3	4	5
Procesador	Intel Core i5	Intel Core i5	Intel Core i3	Intel Core i7	Intel Core i5
RAM	20,0 Gb	8,0 Gb	4,0 Gb	8,0 Gb	8,0 Gb
Tipo de sistema	64 bits	64 bits	32 bits	64 bits	64 bits
Edición	Windows 10	Windows 10	Windows 10	Windows 10	Windows
Velocidad	1,80 GHz	4,20 GHz	3,5 GHz	1,8 GHz	3,6 GHz
Almacenamiento	738 Gb	398 Gb	128 Gb	254 Gb	137 Gb
Tarjeta grafica	Nvidia Geforce 930MX	Radeon™ Vega 8	Intel UHD	Nvidia Geforce 150MX	Intel UHD

Para las pruebas funcionales primero se realizó la prueba de componentes es decir se verificó la funcionalidad de cada elemento de la interfaz, garantizando que cada componente efectivamente cumpla con su labor como se puede observar en la **Tabla 4**, se verificó el funcionamiento de todos los botones del software desde la selección de la empresa hasta el registro de un usuario nuevo, en cuanto a los componentes que requerían el ingreso de información también se verifico que al ingresar datos genere una respuesta.

**Tabla 4**

*Prueba funcional de componentes*

	1	2	3	4	5	6
Selección de empresa	Si	Si	No	Si	Si	Si
Inicio de sesión	Si	Si	No	Si	Si	Si
Cerrar sesión	Si	Si	No	Si	Si	Si

Selección encargado del mantenimiento	Si	Si	No	Si	Si	Si
Selección tipo de mantenimiento	Si	Si	No	Si	Si	Si
Selección año	Si	Si	No	Si	Si	Si
Selección equipo	Si	Si	No	Si	Si	Si
Guardo valor de herramientas	Si	Si	No	Si	Si	Si
Guardo valor de repuestos	Si	Si	No	Si	Si	Si
Guardo descripción repuestos	Si	Si	No	Si	Si	Si
Visualización de datos que se guardan	Si	Si	No	Si	Si	Si
Registro de usuario	Si	Si	No	Si	Si	Si
Genero PDF	Si	Si	No	Si	Si	Si

---

*Prueba de login:* Otra prueba de gran importancia es la prueba de login que se realizó en todos los computadores y efectivamente se pudo comprobar su funcionamiento permitiendo ingresar con el usuario y contraseña correctos, al ingresar un usuario o contraseña sin registro previo, el software no permitía el ingreso.

Para las pruebas no funcionales se realizó prueba con un cargue masivo de información esto con el fin de determinar el desempeño del software y su capacidad de rendimiento al tener gran cantidad de información cargada.

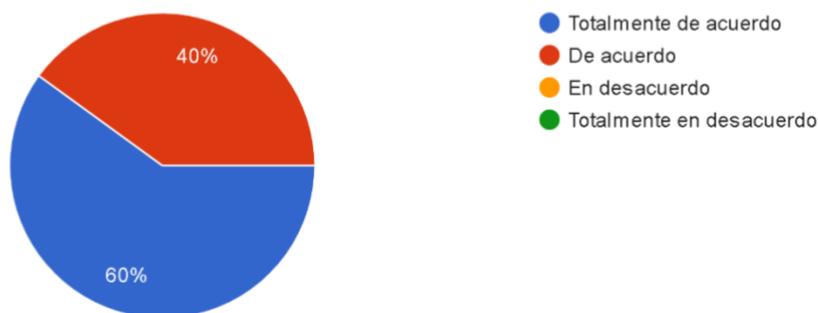
Finalmente se capacito al personal del departamento de equipos médico encargados de los programas de mantenimiento en la institución, departamento que cuenta con la participación de la ingeniera del área administrativa, ingeniero biomédico y soporte administrativo, y biomédico, que con ayuda de una guía rápida del software, que se puede ver en el **anexo 1**, y se aplicó la herramienta de medición de adherencia aplicado a un censo poblacional de 5 personas, mencionadas anteriormente que se puede observar en el **anexo 2** esto se realizó por medio de una encuesta al personal de la IPS para verificar que el software cumpla con su función sin ningún inconveniente.

## Figura 20

*Resultado primer pregunta de la encuesta.*

1. El diseño visual del software permiten una buena interacción con el usuario.

5 respuestas

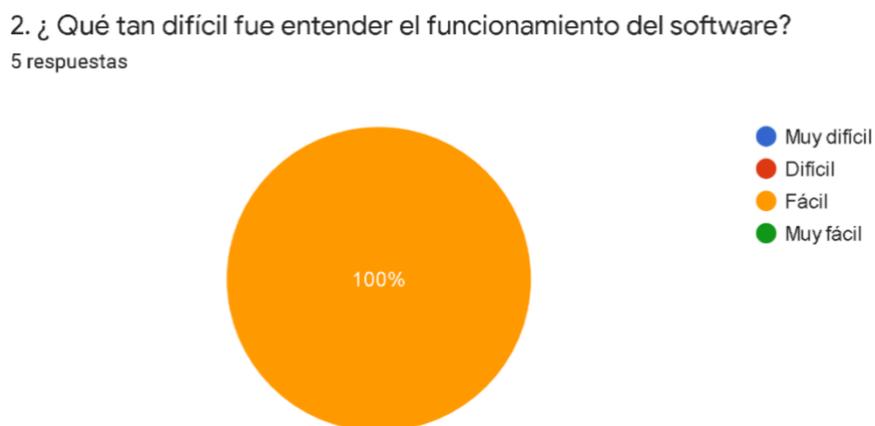


En la figura 20 se denota que el 40 % de las personas se encuentran de acuerdo con que el diseño visual del software permite una buena interacción con el usuario y el 60% restante se

encuentra totalmente de acuerdo, lo que demuestra una buena aceptación visual es decir el software cuenta con buenos elementos visuales que permiten una buena interacción.

### Figura 21

*Resultado segunda pregunta de la encuesta.*



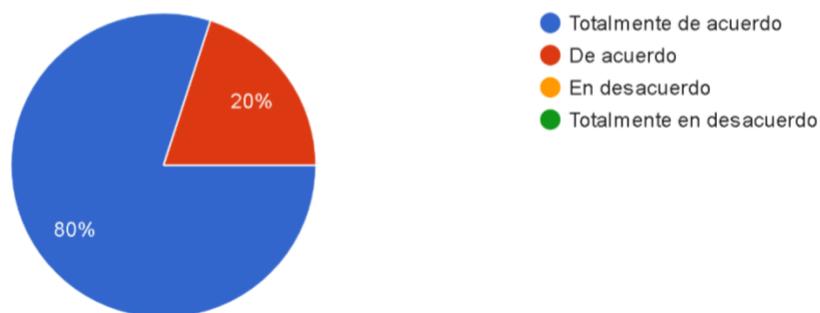
En la figura 21 se puede observar que para el 100% de las personas fue fácil entender el funcionamiento del software, lo que demuestra que luego de realizar la capacitación y leer la guía rápida el usuario fácilmente puede interactuar y entender el funcionamiento del software.

### Figura 22

*Resultado tercera pregunta de la encuesta.*

3. La guía de manejo proporciona la información necesaria para entender el funcionamiento del software.

5 respuestas



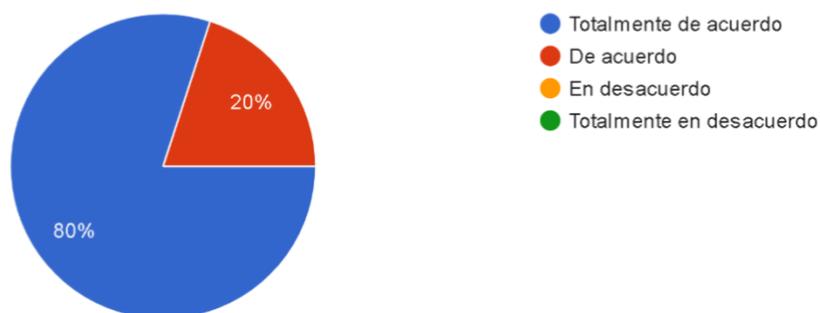
La respuesta a la tercera pregunta esta en la figura 22 y se denota que el 20% de las personas estan de acuerdo con que la guia de manejo proporciona la información necesaria y el 80% restantes estan totalmente de acuerdo, lo que indica que adicional a tener acceso a la guia de manejo, es necesario realizar una capacitación al personal que haga uso del software para mayor entendimiento.

### Figura 23

*Resultado cuarta pregunta de la encuesta*

4. La tipografía utilizada es la adecuada para facilitar la lectura del usuario.

5 respuestas



En la figura 23 se puede observar la respuesta a la cuarta pregunta y se denota que el 80% de las personas están totalmente de acuerdo que la tipografía utilizada es la adecuada y el 20%

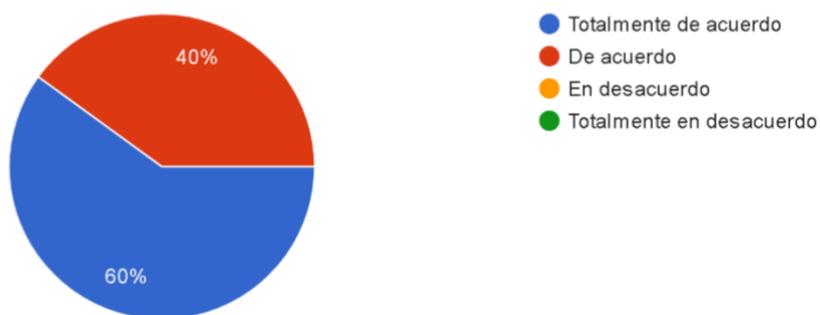
restante están de acuerdo, lo que demuestra la conformidad de los usuarios con el tipo, tamaño y fuente de letra que se utilizó en el software.

### Figura 24

*Resultado quinta pregunta de la encuesta*

5. El lenguaje utilizado en el software es claro y conciso.

5 respuestas



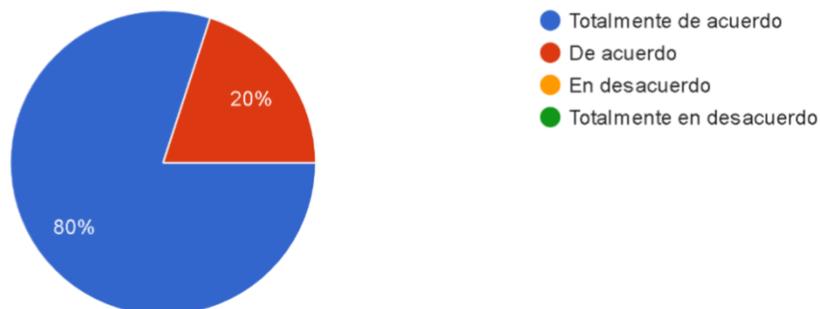
La figura 24 denota que el 40 % de las personas se encuentran de acuerdo con la terminología utilizada en el software, y el 60% se encuentran totalmente de acuerdo, lo que demuestra que para el personal capacitado es claro y entendible la terminología implementada.

### Figura 25

*Resultado sexta pregunta de la encuesta*

6. La información que brinda el informe final es comprensible.

5 respuestas



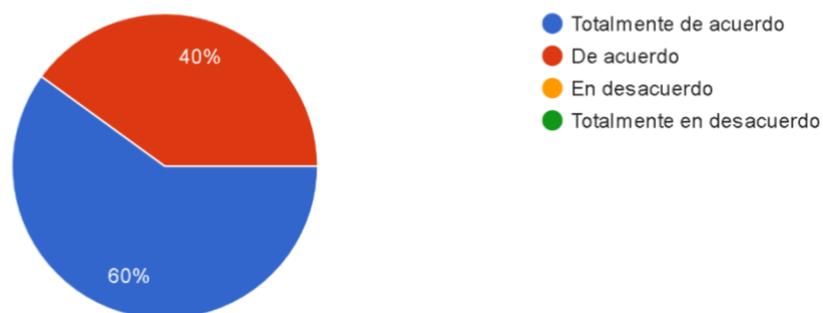
En la figura 25 se puede observar el resultado de la sexta pregunta de la encuesta y se denota que el 80% del personal se encuentra totalmente de acuerdo con la información que brinda el informe y el 20% restante están de acuerdo, lo que demuestra la buena aceptación del desarrollo de este software.

### Figura 26

*Resultado séptima pregunta de la encuesta*

7. El software aporta información de interés para la toma de decisiones de la IPS

5 respuestas



En la figura 26 se denota que el 40% están de acuerdo con que el software aporta información de interés para la toma de decisiones de la IPS y el 60% restante están totalmente de

acuerdo, lo que da satisfacción ya que era el objetivo poder crear una herramienta que aporte información de interés para la toma de decisiones, por medio de un análisis de tipo horizontal.

En concordancia a la información suministrada en la encuesta, se determinó que el propósito de desempeño de la aplicación, provee un mecanismo útil, en el proceso de estimar los distintos costos utilizados por terceros, y logró evaluar con información institucional, el costo-beneficio en los contratos ejecutados de los mantenimientos de equipos biomédicos.

## Capítulo V

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

Los datos expuestos, concluyen que el problema de investigación en el que se fundamentó el desarrollo de este proyecto, se abordó adecuadamente, con el objetivo general de desarrollar una nueva estrategia y herramienta de evaluación costo-beneficio en un análisis horizontal financiero de los contratos de mantenimiento de equipos biomédicos realizados por terceros, equiparados de inmediato, en la apreciación de que la institución cobijara estos costos. Lo que incide de forma directa en tiempo presente y en el largo plazo, en las asignaciones presupuestales del prestador de servicios de salud, ya que se brindan detalles representativos en los costos totales de número de equipos intervenidos, consumibles, herramientas y mano de obra en las anualidades de los contratos.

La evaluación de desempeño del software permite probar el apropiado rendimiento en la puesta en marcha de los objetivos específicos, logrando llevar a cabo un análisis financiero minucioso aprobado, con la información suministrada por el departamento de equipos médicos de la institución, resultando en la elaboración de una aplicación que almacena y genera informes financieros válidos, sobrepasando la pruebas que evalúan el funcionamiento del software.

El estudio de análisis financiero horizontal de costo beneficio del contrato de mantenimiento de terceros en la institución prestadora de servicios de salud de alta complejidad, representa mayor beneficio económico en la institución puesto que evalúa cinco variables de incidencia en los programas de mantenimiento y adicional, determina en paralelo la hipótesis de los costos de las mencionadas variables en los programas de mantenimiento ejecutados por el

departamento de equipos médicos y no exclusivamente por un tercero con los rubros preestablecidos.

El software es de uso libre y cuenta con una interfaz intuitiva, que permite el normal desarrollo del diligenciamiento de los formularios de mantenimiento, adicionalmente los soportes para el funcionamiento de la aplicación como Microsoft SQLyog para base de datos y XAMPP como servidor web, son también de uso libre y ejecutables en los diversos sistemas operativos.

Es importante recalcar la importancia de promover estos procesos de automatización y sistematización de la información de reportes de servicios de mantenimientos de equipos biomédicos, puesto que generan un impacto económico relevante, que optimiza los recursos a la hora de firmar acuerdos comerciales de programas de mantenimiento de equipos biomédicos con terceros.

### **Recomendaciones**

Al momento de convenir programas de mantenimiento de equipos biomédicos con terceros, se recomienda detallar los rubros destinados a la mano de obra, herramientas, consumibles, repuestos y accesorios que amparan el contrato, esto con el fin de poder analizar la información técnica y financiera, estimando con precisión el aporte en cada rubro y así evaluar el beneficio económico que aporta a la institución.

En relación al software, se recomienda integrar otros tipos de contrato y proveedores, que estén relacionados con la prestación del servicio de mantenimiento de equipos biomédicos, incluir otras variables representativas y ajustar las unidades porcentuales, delineadas con el contrato de mantenimiento.

En relación con el resultado del software, se recomienda asignar un grupo de trabajo independiente, que evalúe integralmente el beneficio económico de contratar directamente los servicios de mantenimiento de equipos biomédicos, puesto que esto conlleva no solo la contratación de nuevo personal, sino también la expansión en infraestructura del departamento de equipos médicos, nueva variable de incidencia para futuros proyectos.

## Referencias

- Andrade, M., & Camacho, J. (2018). Estructura de departamento de ingeniería y mantenimiento, para instituciones hospitalarias de III nivel en Colombia. *Revista Ingeniería Biomédica*, 12(24), 23–34. <https://doi.org/10.24050/19099762.n24.2018.1090>
- Baca, P., & García, J. (2015). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para equipos biomédicos de emergencia y áreas críticas de un hospital de la región Lambayeque, 2015 [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]*. Repositorio digital institucional.
- Bambarén, C., & Alatrística, S. (2011). *Mantenimiento de los establecimientos de salud: Una guía para la mejora de la calidad y seguridad de los servicios* (SINCO editores, Ed.; 1st ed., Vol. 1). <https://bit.ly/3t2hywV>
- Barajas, A. (2008). *Finanzas para no financistas* (4th ed.). Pontificia Universidad Javeriana. <https://bit.ly/3eDaUrS>
- Cabrera, A. I., Ortiz, F., & Cruz, F. (2019). Un modelo de minimización de costos de mantenimiento de equipo médico mediante lógica difusa. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 14(3), 379–396. <https://doi.org/10.21919/remef.v14i3.410>
- Calle, A., & Sánchez, M. (2013). *Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la Clínica Universitaria Bolivariana [Tesis de grado, Universidad Pontificia Bolivariana]*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Castillo, A., Arocha, C., Castillo, I., Bravo, O., González, O., & Hernández, E. (2011). Propuesta de reglas de decisión en las evaluaciones económicas de tecnologías sanitarias para el contexto cubano. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 30(3), 360–367.

- Castrillón, L. F. (2017). *Introducción Al Mantenimiento Biomédico* (1st ed.). Instituto Tecnológico Metropolitano. <https://bit.ly/3u8k5qJ>
- Cely, M., & Bautista, K. (2020). *Evaluación costo-beneficio de los equipos biomédicos utilizados en procedimientos de urología en el servicio de cirugía de los Comuneros Hospital Universitario De Bucaramanga S.A [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Bucaramanga]*. Universidad Autónoma De Bucaramanga.
- Ley 100. Por la cual se crea el Sistema de Seguridad Social Integral y se dictan otras disposiciones., Diario Oficial 41148 (1993).
- Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley estatutaria 1581 de 2012. Por el cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. In *Diario Oficial* 48587.
- Erazo, N. (2019). *Evaluación de indicadores en la gestión de mantenimiento de equipos médicos en la Fundación Hospital San Pedro [Tesis de grado, Universidad Santiago de Cali]*. Universidad Santiago de Cali.
- Estupiñán, R., & Estupiñán, O. (2006). *Análisis financiero y de gestión* (2nd ed.). ECOE. <https://bit.ly/2QCCrlo>
- Flores, A. (2017). *Optimización del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de los equipos biomédicos del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati, Lima, 2017 [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]*. Universidad César Vallejo.

- Flores-Rodríguez, W. (2017). *Gestión de un programa de mantenimiento de los equipos biomédicos en el servicio de emergencia-uci del Hospital Nacional Alberto Sabogal Sologuren 2016 [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]*. Universidad César Vallejo.
- García, A. (2013). *Metodología para la evaluación y selección de proveedores de servicios de mantenimiento [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Occidente]*. Universidad Autónoma de Occidente.
- Guzmán, M. (2018). *Toma de decisiones en la gestión financiera para el sistema empresarial* (1st ed.). Grupo Compás- Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://bit.ly/3vvRuvJ>
- Integra Markets. (2018). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial* (I. E. de G. Empresarial, Ed.; 2nd ed.). IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial. <https://bit.ly/2QGbsom>
- INVIMA. (2019). *Guía para manejo, mantenimiento y limpieza de equipos utilizados en bancos de tejidos y banco de gametos*. <https://bit.ly/3aMXcRV>
- Jácome, I., & Carvache, O. (2017). Análisis del Costo Beneficio: Una herramienta de Gestión. *Revista Contribuciones a La Economía*.
- Llanes, A., Granela, H., & Pascual, K. (2008). La tercerización del mantenimiento como contribución al mejoramiento del desempeño de la organización. Procedimiento para la toma de decisiones. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 101.
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>

Ministerio de Comercio Industria y Turismo. Decreto 1377 de 2013. por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1581 de 2012. In *Diario Oficial* 48834.

Ministerio de la Protección Social. (2005). Decreto 4725 de 2005. por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano. In *Diario Oficial* 46134.

Ministerio de la Protección Social. (2006). Resolución 1445 de 2006. Por la cual se definen las funciones de la Entidad acreditadora y se adoptan otras disposiciones. In *Diario Oficial* 46271.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2008a). Resolución 4816 de 2008. Por la cual se reglamenta el Programa Nacional de Tecnovigilancia. In *Diario Oficial* 47201.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2008b). Resolución 4816 de 2008. Por la cual se reglamenta el Programa Nacional de Tecnovigilancia. In *Diario Oficial* 47201.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). Resolución 123 de 2012. Por la cual se modifica el artículo 2 de la Resolución 1445 de 2006. In *Diario Oficial* 48329.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2018, September 18). *Salud necesita \$3.5 billones adicionales para el 2019*. <https://bit.ly/3aRZU8T>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2019a). Resolución 3100 de 2019. Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud y se adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Serv. In *Diario Oficial* 51149.

- Ministerio de Salud y Protección Social. (2019b). Resolución 3100 de 2019. Por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud y se adopta el Manual de Inscripción de Prestadores y Habilitación de Serv. In *Diario Oficial* 51149.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). *Evaluación de las necesidades de dispositivos médicos. Serie de Documentos Técnicos de La OMS Sobre Dispositivos Médicos*. Ginebra : Organización Mundial de la Salud. <https://bit.ly/3u1qnIG>
- Primero, D. F., Diaz, J. C., García, L. F., & González, A. (2015). Manual para la gestión del mantenimiento correctivo de equipos biomédicos en la fundación Valle del Lili. *Revista Ingeniería Biomédica*, 9(18), 81–87. <https://doi.org/10.14508/rbme.2015.9.18.81-87>
- Puello, B. (2019). *Caracterización del proceso de la gestión tecnológica en los equipos biomédicos disponibles en el servicio de cirugía de una institución de salud de alta complejidad de Bucaramanga [Tesis de especialización, Universidad de Santander ]*. Universidad De Santander.
- Puerto, W. H. (2014a). *Evaluación de los procesos de gestión de la tecnología en una institución de salud de alta complejidad, en el marco del sistema único de acreditación en salud [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]*. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Javeriana.
- Puerto, W. H. (2014b). *Evaluación de los procesos de gestión de la tecnología en una institución de salud de alta complejidad, en el marco del sistema único de acreditación en salud [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]* [Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Javeriana]. <https://bit.ly/3t6XU2O>

Sánchez, M., & Peche, J. (2021). *ESTUDIO TECNICO ECONOMICO EN EL REEMPLAZO DE EQUIPOS MEDICOS Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL HOSPITAL SANTA CATALINA DE SAN PEDRO DE LLOC 2018-2019.*

<https://hdl.handle.net/20.500.12759/8438>

Torres, E. (2021). *Mejora de la gestión de mantenimiento en el sistema de climatización mediante la Metodología PAS 55 en el Hospital León Becerra de Guayaquil.*

Valdes, M., & Rodríguez, I. (2021). *Desarrollo de un software para el análisis costo beneficio de la adquisición de torres de laparoscopia entre modelo de compra directa y comodato [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Bucaramanga].* Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Valero, M., Honores, A., Gómez, A., & Vincés, L. (2018). *COMPARACIÓN DE TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN APLICACIONES WEB. 3C Tecnología. Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme, 28–49.*

## ANEXOS

### ANEXO 1: Guía rápida Software BIOA2

#### Guía rápida

#### Software BIOA2

Para inicializar al software BIOA2 debe:

1. Dar clic izquierdo en la carpeta BIOA2 y seleccionar la opción Guide Bash Here.
2. Inmediatamente aparece el “master” del equipo donde debemos ingresar el comando: `php artisan serve`.
3. Posteriormente en el buscador del escritorio damos doble click en la app XAMPP y activamos en los botones “start” el apache y MySQL.
4. El siguiente paso es dar doble click en la app de MySQL y luego dar click en el botón connect.
5. Una vez realizado cada paso, se ingresa al link: <http://127.0.0.1:8000/> en el buscador de preferencia.

Para dar uso al software BIOA2:

#### ❖ *Inicio de sesión:*

1. Para iniciar sesión se debe ingresar el usuario y contraseña predeterminado. *Usuario: admin Contraseña: admin*

2. Luego se despliega una barra de selección y se debe elegir la empresa de la cual se va a digitalizar el mantenimiento (Los Comuneros, G-Barco, Meditec e Ingeniería y Soluciones Biomédicas S.A.S).

**Inicio de sesión**

Nombre de usuario

Contraseña

Empresas



Posteriormente aparece un formulario de contrato, donde se debe indicar las especificaciones del mismo, en la cual son obligatorios señalar el valor total del contrato, la mano de obra y el número de equipos, como ítem opcional para estimar el valor de accesorios, herramientas y repuestos, como valores fijos.

**Formulario de contratos**

Valor del contrato*	Valor mano de obra*
349000000	94000000
Cantidad de equipos*	Valor accesorios y repuestos
142	259000000
Tiempo de Contrato	Unidad de tiempo
5	Años
Costo estimado por equipo	
\$2457746.4768732394	
<input type="button" value="Costo estimado por equipo"/>	<input type="button" value="Siguiete"/>

❖ **Panel de Inicio:**

1. En la parte superior izquierda, se observa la barra principal donde está pre seleccionada la opción Inicio.
2. En la preselección Inicio se encuentra el formulario de cálculo de mantenimientos.

Formulario de cotización de mantenimientos

Encargado del mantenimiento	Valor mano de obra por hora
Ingeniero	121180,55555555555
Tipo de mantenimiento	Tiempo de mantenimiento(horas)
Seleccione...	
Año	
Seleccione...	
Equipo	Serial / modelo
Seleccione...	
Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
7599,765258215963	37998,82629107981
Repuestos	Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
Seleccione...	
Seleccione... Otros Adaptador B650 SPO2 SPO2 SENSOR B650 Repuesto 3 Repuesto 4 Repuesto 5 Repuesto 6	

3. En la primera casilla del formulario, aparece una barra de selección, donde se debe escoger la opción del encargado del mantenimiento, que en el caso del tercero, solo es prestado por el ingeniero, una vez seleccionado el encargado del mantenimiento, se refleja el valor de la mano de obra del profesional, el valor de consumibles y el valor de herramientas como valor fijo.

## Formulario de cálculo de mantenimientos

Encargado del mantenimiento	Valor mano de obra por hora
Seleccione...	
Seleccione...	
Ingeniero	Tiempo de mantenimiento(horas)
Tecnólogo	
Técnico	
Año	Valor mano de obra con IPC
Seleccione...	
Equipo	Serial / modelo
Seleccione...	
Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	
Descripción repuestos	
--	
Calcular costo	

4. En la segunda casilla lateral, se selecciona el tipo de mantenimiento, en este caso, aparecen dos opciones: Correctivo y Preventivo.
5. En caso de escoger el mantenimiento correctivo, el valor es variable y lo debe digitar, el encargado del mantenimiento, en el preventivo, según estimación de los reportes de servicios de proveedores, se determinó como valor fijo, el tiempo de 2 horas y no es modificable (solo en la base de datos).

## Formulario de cálculo de mantenimientos

Encargado del mantenimiento	Valor mano de obra por hora
Ingeniero	20000
Tipo de mantenimiento	Tiempo de mantenimiento(horas)
Seleccione...	
Seleccione...	
Correctivo	Valor mano de obra con IPC
Preventivo	
Equipo	Serial / modelo
Seleccione...	
Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	
Descripción repuestos	
--	
Calcular costo	

6. En la tercera casilla lateral, se selecciona el año en que se realizó el mantenimiento, en este caso, aparecen cuatro opciones: 2016, 2017, 2018,2019 y 2020. Una vez seleccionado el año, automáticamente el sistema calcula el costo de la mano de obra del encargado del mantenimiento, ajustado al año correspondiente según el IPC.

Formulario de cálculo de mantenimientos

Encargado del mantenimiento	Valor mano de obra por hora
Ingeniero	20000
Tipo de mantenimiento	Tiempo de mantenimiento(horas)
Seleccione...	
Año	Valor mano de obra con IPC
Seleccione...	
2016	
2017	
2018	
2019	
	Serial / modelo
	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)	
Descripción repuestos	
<b>Calcular costo</b>	

7. En la cuarta casilla lateral, aparece la barra de selección del equipo del cual se va a digitalizar la información del mantenimiento.

Encargado del mantenimiento	Valor mano de obra por hora
Ingeniero	20000
Tipo de mantenimiento	Tiempo de mantenimiento(horas)
Preventivo	2
Año	Valor mano de obra con IPC
2016	15636
Equipo	Serial / modelo
Electrobisturi	10000/2324
Seleccione...	
Equipo	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)
Módulo capnografía	14000
Monitor de signos vitales	
Ventilador mecánico	
Consola de contrapulsación	
Desfibrilador	
Desfibrilador DEA	
<b>Electrocardiografo</b>	
Electrocardiografo	
Lámpara celiática	
Lámpara pielítica	
Máquina de anestesia	
Mesa de tracción	
Módulo de calorimetría	
Módulo gasto cardiaco	
Módulo Picco	
Módulo relajación neuromuscular	
Vaporizador	
Prueba	

8. En las casillas subsiguientes, aparece el serial/modelo, valor de herramientas, valor de los consumibles, valor de repuestos y la descripción de cada ítem que se recomienda usa de la siguiente forma:

- En el serial/modelo: se debe digitar los número y letras fidedignos del equipo que se está registrando en inventario.
- En el valor de herramientas: valor estimado con los ítems del formulario del contrato, en caso de tener preestablecido el valor, aparece la opción libre de ajustarlo.
- En el valor de consumibles: valor estimado con los ítems del formulario del contrato, en caso de tener preestablecido el valor, aparece la opción libre de ajustarlo.
- En el valor de repuestos: aparece una barra de selección, donde se ajusta a los repuestos, cobijados en el contrato.
- En la descripción de repuestos se debe digitar la información relevante de la factura del repuesto y sus especificaciones.

Formulario de cálculo de mantenimientos

Encargado del mantenimiento Ingeniero	Valor mano de obra por hora 20000
Tipo de mantenimiento Preventivo	Tiempo de mantenimiento(horas) 2
Año 2016	Valor mano de obra con IPC 16636
Equipo Electrobisturi	Serial / modelo 10000/2324
Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos) 15000	Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos) 14000
Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos) 12300	
Descripción repuestos Modulo de Energía	
Costo total de mantenimiento 74572	
Calcular costo	
Guardar	

9. Una vez digitalizada la información, se da click en el botón calcular costo y se actualiza la casilla del costo total de mantenimiento, calculando el valor total del mantenimiento.
10. Y a continuación, se genera en paralelo la cotización del mantenimiento, con la hipótesis de que la clínica los comuneros, realice el mantenimiento, manteniendo los ítems de equipo, serial, modelo, tipo de mantenimiento, repuestos, año de mantenimiento y se ajustan al valor del IPC los rubros de herramientas, consumibles y mano de obra.

Formulario para los comuneros

<b>Calcular costo</b>	
<b>Generar cotización con comuneros</b>	
<b>Encargado del mantenimiento</b>	<b>Valor mano de obra por hora</b>
Techológico	10267
<b>Tipo de mantenimiento</b>	<b>Tiempo de mantenimiento(horas)</b>
Preventivo	2
<b>Año</b>	<b>Valor mano de obra con IPC</b>
2018	0
<b>Equipo</b>	<b>Serial / modelo</b>
Ventilador mecánico	1932
<b>Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)</b>	<b>Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)</b>
6900	3243
<b>Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos)</b>	
10001	
<b>Descripción repuestos</b>	
-	
<b>Costo total de mantenimiento</b>	
53944	
<b>Calcular costo</b>	
<b>Guardar</b>	

11. Si quiere guardar la información, da click en el botón Guardar y le va aparecer una casilla emergente con el ¡Registro exitoso!
12. Para un nuevo registro, da click en aceptar y aparecerá nuevamente el formulario de cálculo de mantenimiento vacío para digitalizar.

The screenshot shows a web form for registering maintenance data. The form fields include:

- Tipo de mantenimiento: Preventivo
- Tiempo de mantenimiento(horas): 2
- Año: 2016
- Valor mano de obra con IPC: 16636
- Equipo: Electrobisturi
- Serial / modelo: 100002324
- Valor herramientas (Pesos colombianos, sin comas ni puntos): 15000
- Valor consumibles (Pesos colombianos, sin comas ni puntos): 14000
- Valor repuestos (Pesos colombianos, sin comas ni puntos): 12300
- Descripción repuestos: Módulo de Energía
- Costo total de mantenimiento: 74572

Buttons at the bottom: Calcular costo, Guardar.

Success message overlay:

¡Registro exitoso!  
Lo datos se han guardado correctamente  
Aceptar

Logos at the bottom: unab INGENIERIA BIOMÉDICA, LOS COMUNEROS Hospital Universitario de Barranquilla S.A.

Selección de **Mantenimiento** barra superior:

13. En la barra superior se denota la opción Mantenimiento, la cual una vez seleccionada, aparecerán los siguientes filtros de selección:

#### Filtros

- Los comuneros
  G-Barco
  Meditec
  Ingeniería y soluciones biomedicas S.A.S  
 2016
  2017
  2018
  2019

#### Nombre del equipo

Equipo

Consultar

14. En caso de solicitar reporte de análisis horizontal financiera de los formularios de cálculo de mantenimiento de cada equipo biomédico, los puede solicitar por empresa, por año y seleccionando el equipo de interés.

15. Una vez seleccionado los ítems, de click en el botón consultar y aparecerán en una tabla los equipos solicitados.

Filtros

Los comunes  G-Barco  Meditec  Ingeniería y soluciones biomedicas S.A.S

2016  2017  2018  2019

Nombre del equipo

Electrobisturi

Consultar

Equipo	Vlr herramientas	Vlr consumibles	Vlr repuestos	Vlr hora	Tiempo	Total	Empresa	
Electrobisturi	12300	23400		17000		200000	12	198500 Los comunes
Electrobisturi	34500	12300		23500		200000	12	276700 Ingeniería y soluciones biomedicas S.A.S
Electrobisturi	15000	14000		12300		200000	2	74572 Los comunes

16. Para generar un PDF con la información de cada equipo y con el cuadro de contraste por empresa, emulando el análisis financiero horizontal por año solicitado de click en el botón Descargar PDF.

Nombre del equipo

Electrobisturi

Consultar

Equipo	Vlr herramientas	Vlr consumibles	Vlr repuestos	Vlr hora	Tiempo	Total	Empresa	
Electrobisturi	12300	23400		17000		200000	12	198500 Los comunes
Electrobisturi	34500	12300		23500		200000	12	276700 Ingeniería y soluciones biomedicas S.A.S
Electrobisturi	15000	14000		12300		200000	2	74572 Los comunes

Descargar PDF

17. Una vez generado el PDF se descarga el reporte de los mantenimientos digitalizados en el software con los ítems que se pueden observar a continuación:

**Reporte cotización de mantenimiento - BIOA2**


Equipo	Electrobisturi	Año	2017
Empresa	Los comuneros	Tipo mantenimiento	Correctivo
Costo Herramientas	\$12300	Costo consumibles	\$23400
Costo repuestos	\$17000	Encargado	Tecnólogo
Tiempo mantenimiento	12 horas	Valor mano obra	\$12150
Total	\$198500		

**18.** Al final de cada documento generado en PDF aparecen los cuadros de comparación con los rubros gastados cada año, según la empresa que ejecutó el mantenimiento.

**Los comuneros - preventivo - 2016**

Total herramientas	\$15000	Total consumibles	\$14000
Total repuestos	\$12300	Total tiempo	2 horas
Total mano de obra	\$16636	Total equipos	1
Total	\$74572		

**Los comuneros - correctivo - 2017**

Total herramientas	\$12300	Total consumibles	\$23400
Total repuestos	\$17000	Total tiempo	12 horas
Total mano de obra	\$12150	Total equipos	1
Total	\$198500		

**Ingenieria y soluciones biomedicas S.A.S - correctivo - 2018**

Total herramientas	\$34500	Total consumibles	\$12300
Total repuestos	\$23500	Total tiempo	12 horas
Total mano de obra	\$17200	Total equipos	1
Total	\$276700		

**ANEXO 2: Herramienta de medición de adherencia**

1. El diseño visual del software permite una buena interacción con el usuario. \*

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

2. ¿Qué tan difícil fue entender el funcionamiento del software? \*

Muy difícil

Difícil

Fácil

Muy fácil

3. La guía de manejo proporciona la información necesaria para entender el funcionamiento del software. \*

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

4. La tipografía utilizada es la adecuada para facilitar la lectura del usuario.

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

5. El lenguaje utilizado en el software es claro y conciso. \*

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

6. La información que brinda el informe final es comprensible. \*

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

7. El software aporta información de interés para la toma de decisiones de la IPS \*

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo