



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE BIOMEDICINA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA AUTOMATIZAR LOS
PROCESOS DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS QUE DISTRIBUYE LA
EMPRESA PROQUÍMICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniera Biomédica / Ingeniero Biomédico

AUTORES: EVELYN CRISTINA FAICAN JIMÉNEZ

ALEX FABIÁN GUAMÁN CHANGO

TUTORA: ING. ANA CECILIA VILLA PARRA, PhD.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Evelyn Cristina Faican Jiménez con documento de identificación N° 0107142259 y Alex Fabián Guamán Chango con documento de identificación N° 0106103963; manifestamos que:

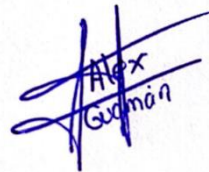
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 24 de julio del 2023

Atentamente,



Evelyn Cristina Faican Jiménez
0107142259



Alex Fabián Guamán Chango
0106103963

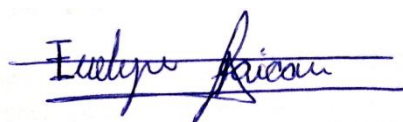
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Evelyn Cristina Faican Jiménez con documento de identificación N° 0107142259 y Alex Fabián Guamán Chango con documento de identificación N° 0106103963, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño e implementación de un software para automatizar los procesos de mantenimiento de los equipos que distribuye la empresa Proquímica”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Biomédica / Ingeniero Biomédico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

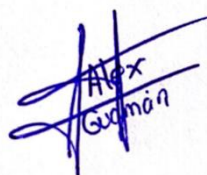
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de julio del 2023

Atentamente,



Evelyn Cristina Faican Jiménez
0107142259



Alex Fabián Guamán Chango
0106103963

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ana Cecilia Villa Parra con documento de identificación N° 0103874194, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaró que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA AUTOMATIZAR LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS QUE DISTRIBUYE LA EMPRESA PROQUÍMICA, realizado por Evelyn Cristina Faican Jiménez con documento de identificación N° 0107142259 y por Alex Fabián Guamán Chango con documento de identificación N° 0106103963, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de julio del 2023

Atentamente,



Ing. Ana Cecilia Villa Parra, PhD.

0103874194

DEDICATORIAS

Evelyn Cristina Faican Jiménez

Estoy profundamente agradecida de dedicar este trabajo a todos aquellos que me han brindado su máximo apoyo en este apasionante viaje académico.

A mi familia por su amor incondicional, paciencia y constante aliento ya que son el motor esencial para superar momentos difíciles.

A mis queridos amigos que han estado a mi lado en tiempos y momentos difíciles, compartiendo risas y lágrimas, demostrándome que su amistad hizo que este viaje fuera memorable y significativo.

Agradezco profundamente a todos aquellos que han contribuido de alguna manera a la realización de este trabajo, este éxito no hubiera sido posible sin ustedes.

Alex Fabián Guamán Chango

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme acompañado durante todo el proceso de la Universidad, por permitirme llegar a cumplir una de mis metas más esperadas.

A mi familia que siempre me ha brindado de su apoyo en cada momento, por darme fuerzas en momentos difíciles de mi vida, por cada abrazo para seguir adelante.

A mis amigos por cada momento vivido dentro de todo esto, siempre han estado para ser un apoyo, por ser parte de mi vida y agradecerle a cada uno de ellos por su lealtad y amistad.

Por último, agradecer por el hecho de haberme acompañado durante todo este proceso, porque son parte esencial de esto logro en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Evelyn Cristina Faican Jiménez

Agradezco primeramente a Dios por brindarme sabiduría, salud y sobre todo por darme valentía para poder afrontar distintas batallas en el transcurso de mi vida universitaria y poder alcanzar esta meta tan anhelada.

En segundo lugar, agradezco profundamente a mi madre Sandra Jiménez, quien ha sido el pilar fundamental en mi vida, ya que siempre ha estado dispuesta a acompañarme en distintas adversidades, por guiarme y sobre todo apoyarme en cada situación, con sus sabios consejos. Por demostrarme su valentía para poder continuar y cumplir con todos y cada uno de los propósitos planteados en mi vida.

A mis hermanas Odalis y Priscila, por darme su apoyo constante y sobre todo emocional, sabiendo apoyarme con sus detalles en toda esta travesía.

A Jorgito y a Mónica Chango, quienes han sabido guiarnos con su conocimiento y brindarnos apoyo incondicional.

A mi tutora de Proyecto de Titulación, la Dra. Ana Cecilia Villa, quien desde el primer momento que la conocí nos brindó confianza, seguridad y muchas ganas de cumplir las metas propuestas. Destaco su humildad y sus valores, los cuales resaltan en su personalidad, sus consejos y enseñanzas me servirán en mi vida profesional.

Finalmente, un agradecimiento muy especial a Alex Guamán, mi mejor amigo y compañero de trabajo de titulación, quien me ha demostrado ser una excelente persona, con un corazón noble, llena de sabiduría y valores, de poquito a poquito vamos cumpliendo metas que algún día nos propusimos como un sueño.

Alex Fabián Guamán Chango

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por permitirme cumplir uno de mis principales sueños, por darme la salud necesaria y la fortaleza en este gran paso de mi vida. A mi madre por ser mi soporte incondicional, me ha brindado su apoyo sin importar nada, gracias por cada abrazo, por cada consejo, por ser mi mayor ejemplo a seguir. Ella me ha indicado que hay luchar hasta el final y no darme por vencido.

A mis papitos Jorge (+) y Carmen, quienes también han estado apoyándome y cuidándome durante mucho tiempo, de quienes aprendí que siempre hay que dar lo mejor de uno, aun cuando muchas personas tratan de hacerme caer. Siempre me han recordado con una frase “Si caes una vez, pues cuatro veces te pones de pie”.

A mi mejor Evelyn Faican por ser un apoyo incondicional durante todo este proceso.

Agradezco a Sandrita por su apoyo durante todo este proceso de mi vida universitaria, quien siempre me ha brindado un espacio para poder hacer los trabajos, además de sus consejos que me han llevado para bien.

Agradecerles a mis docentes que han estado durante este proceso y de manera especial a mi tutora la Ing. Ana Cecilia Villa Parra PhD., porque gracias a su paciencia y a sus conocimientos puedo cumplir uno de los principales objetivos en mi vida.

Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación.....	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación.....	II
Dedicatorias	IV
Agradecimientos	VI
Resumen	XIV
Abstract	XV
1. Introducción	1
2. Problema de estudio.....	1
2.1. Antecedentes	1
2.2. Descripción del problema.....	2
2.3. Importancia y alcances	2
2.4. Delimitación	2
2.4.1. Espacial o geográfica.....	2
2.4.2. Temporal	2
2.4.3. Sectorial o institucional	3
2.5. Problema General	3
2.6. Problemas Específicos.....	3
3. Objetivos	3
3.1. Objetivo General	3
3.2. Objetivos Específicos	3
4. Hipótesis.....	4
4.1. Hipótesis General	4
4.2. Hipótesis Específicas.....	4

5. Marco Teórico	4
5.1. Definición y uso de los instrumentos de laboratorio clínico	4
5.1.1. Centrífuga.....	5
5.1.2. Microscopio.....	6
5.1.3. Baño María.....	7
5.1.4. Incubadora	8
5.2. Mantenimiento de equipos de laboratorio clínico	9
5.3. Calibración	9
5.4. Tipos de mantenimiento de equipos	10
5.4.1. Mantenimiento Preventivo	11
5.4.2. Mantenimiento Predictivo	12
5.4.3. Mantenimiento Correctivo.....	13
5.5. Sistemas Informáticos para la Gestión del Mantenimientos de Equipos.....	14
6. Marco metodológico.....	18
6.1. Materiales y Métodos	18
6.2. Recopilación de Información	20
6.2.1. Inventario.....	23
6.3. Desarrollo de la interfaz web – Software para Gestionar el Mantenimiento de Equipo de Laboratorio Clínico (SGM-ELC).....	25
Pruebas	37
7. Resultados	37
Recopilación de información.....	37
7.1. Software para Gestionar el Mantenimiento de Equipo de Laboratorio Clínico (SGM-ELC)	39
7.2. Pruebas de usabilidad del software	45
8. Conclusiones	48
9. Recomendaciones	49
REFERENCIAS:	50
ANEXOS	54

Lista de Tablas

1. Velocidades de las centrifugas.....	5
2. Lista de los riesgos de los instrumentos de patología clínica	10
3. Actividades del mantenimiento preventivo.....	11
4. Actividades del mantenimiento predictivo	12
5. Actividades del mantenimiento correctivo	13
6. Sistemas para apoyar la gestión de mantenimiento de equipos	15
7. Documentación para apoyar la gestión de mantenimiento de equipos	15
8. Preguntas del cuestionario PSSUQ.....	17
9. Roles de trabajo con base a la metodología Scrum.....	19
10.Encuesta para conocer las actividades de mantenimiento llevadas a cabo en la empresa Proquímica	22
11.Identificamos los requerimientos de mantenimiento de los equipos más vendidos de la empresa	22
12.Código de prioridad de los instrumentos de laboratorio clínico	24
13.Descripciones para cada uno de los datos que se maneja dentro de la página web	27
14.Descripción del administrador de la página web y de la aplicación	29
15.Descripción de la formación y conocimientos de los ingenieros de la empresa ...	30
16.Requerimientos funcionales (RF) y no funcionales (RN) del software.....	30
17.Requerimientos funcionales (RF) y no funcionales (RN) de la App	35
18.Resultados del cuestionario PSSUQ aplicado a los voluntarios	46

19.Presupuesto	47
20.Recursos Materiales	48
21.Información básica de la empresa	54
22.Preguntas del cuestionario PSSUQ y sus escalas.....	55

Lista de Figuras

1. Centrífuga de hematocritos marca TOPSCIEN.....	5
2. Microscopio compuesto marca NOVEL.....	6
3. Baño María marca FAITHFUL	7
4. Incubadora Estándar de la marca FAITHFUL	9
5. Generaciones de los cuidados de los instrumentos de laboratorio clínico	14
6. Equipos más vendidos por la empresa Proquímica	20
7. Demostración de uso y manipulación de un microscopio compuesto	21
8. Designación del código para los equipos de laboratorio clínico de la empresa Proquímica.....	23
9. Formato del código según el equipo, en este caso es del equipo “CENTRÍFUGA”	23
10.Formato del código del equipo, en este caso es del equipo “CENTRÍFUGA”	25
11.Diagrama de bloques con la descripción de la información requerida para la gestión de mantenimiento de un equipo de laboratorio clínico	25
12.Diagrama de flujo de la estructura de la página web que muestra la interconexión de las acciones e información para la gestión del mantenimiento de los equipos.....	27
13.Código del modelo de la clase cliente el mismo que fue realizado en Visual Studio Code	33
14.Código de la vista de especialidades en Visual Studio Code	34
15.Código del modelo de la clase cliente en Visual Studio Code.....	34
16.Código para el redireccionamiento de la aplicación hacia la página web en Java	36

17.Gestión de la información proporcionada por parte de la empresa	38
18.Información que consta en el manual creado con base a la experiencia de los ingenieros de la empresa Proquímica	38
19.Interfaz de la página web (a) login; (b) página principal	39
20.Formulario para ingreso de datos en la página web	40
21.Módulo de equipos	41
22.Módulo de ficha técnica.....	41
23.Interfaz para la generación de informes	42
24.Ejemplo de documento en pdf.....	42
25.Módulo de soporte, en donde se alojarán los planes de mantenimiento.....	43
26.Aplicación de Proquímica (a) pantalla para acceso desde el dispositivo móvil; (b) pantalla de inicio reflejo de la página web.....	43
27.Generador de código QR	44
28.Ficha técnica visualizada en la página Web.....	44
29.Ficha técnica visualizada en la aplicación móvil	45
30.Pruebas de usabilidad en la empresa Proquímica	45

Resumen

La empresa Proquímica realiza mantenimientos en equipos de laboratorio clínico, para lo cual es fundamental llevar un inventario detallado de las tareas realizadas, los repuestos utilizados, cronogramas y cualquier otro dato relevante. Sin embargo, si esta información se registra en hojas sueltas de papel, puede ser fácilmente extraviada, malinterpretada o desordenada, lo que dificulta la toma de decisiones en el Departamento de Mantenimiento. Para proponer una solución a esta situación, se ha planteado diseñar un software y una aplicación móvil como herramienta de soporte a las tareas de mantenimiento de la empresa. El software desarrollado ofrece un sistema centralizado que permite a los técnicos y personal encargado del mantenimiento, registrar de manera precisa y ordenada información relevante alrededor de las actividades realizadas, incluyendo detalles como fechas, tareas realizadas, repuestos utilizados. Se realizó un levantamiento de información en el Departamento de Mantenimiento de la empresa para contar con la información de soporte para el mantenimiento. Se diseñó y desarrolló un sistema, basado en una página web y una aplicación móvil que permite a los técnicos y personal encargado del mantenimiento registrar de manera precisa y ordenada todas las actividades realizadas, incluyendo detalles como fechas, tareas y repuestos. La aplicación móvil brinda el acceso a los registros actualizados de mantenimiento de forma remota. Se realizó una evaluación de usabilidad del sistema con cinco voluntarios y los resultados del cuestionario PSSUQ indican un alto nivel de satisfacción del sistema respecto a la información guía para interactuar con el mismo y los recursos que brinda el software para como apoyo a la ejecución de las tareas de mantenimiento.

Palabras clave: Mantenimiento, Equipos de Laboratorio Clínico, aplicación móvil, página web.

Abstract

Proquímica performs maintenance on clinical laboratory equipment, for this is essential to keep a detailed inventory of the tasks performed, spare parts used, schedules and any other relevant data. However, if this information is recorded on loose sheets of paper, it can easily be misplaced, misinterpreted, or disordered, making it difficult for Maintenance Department to take decisions. In order to address this issue, a software which include a mobile application was developed to support the maintenance tasks of clinical laboratory equipment at the company Proquímica, Ecuador. Information was gathered from the Maintenance Department of the company to have supporting information for maintenance of clinical equipment. In addition, a system was designed and developed, which includes a website and a mobile application. This allows technicians and maintenance personnel to accurately and orderly record all activities performed, including details such as dates, tasks, and spare parts. The mobile application developed here provides remote access to update maintenance records. A usability evaluation of the system was conducted with five volunteers, and the results of the PSSUQ questionnaire indicate a high level of system satisfaction regarding the guiding information to interact with it and the resources provided by the system to perform maintenance tasks.

Key words: Maintenance, Clinical Laboratory Equipment, mobile application, website.

1. Introducción

El mantenimiento de equipo médico, como los que se encuentran en laboratorios clínicos, es trascendental para garantizar su operación eficiente con precisión de los resultados. Considerando que este tipo de equipos se emplean para realizar pruebas y análisis, que son el fundamento para el diagnóstico y método de las personas, los equipos deben contar con un plan de mantenimiento que asegure el trabajo en óptimas condiciones, con equipos calibrados y funcionales. Realizar el mantenimiento de los equipos en ambientes hospitalarios y de laboratorio permite prolongar su vida útil, garantizar la seguridad del personal que opera en el laboratorio y optimizar el uso de recursos.

En este sentido, las empresas proveedoras de equipos médicos cuentan con servicios de mantenimiento y control de calidad, que deben proyectarse durante toda la vida útil del equipo, que exige, para su puesta en marcha, una planificación eficiente, en la cual se integren de manera efectiva los responsables del servicio técnico y los clientes como instituciones públicas y privadas.

Los planes de mantenimiento contemplan conocer el manual de usuario de los equipos para saber en prolijidad cómo se utiliza correctamente el instrumento en la práctica clínica, un registro de las fechas de adquisición e inspecciones, mantenimiento preventivo y correctivo, calibración y ajustes, además de capacitación del personal. Por lo mencionado, llevar un inventario detallado de todas las actividades de conservación realizadas en un equipo es importante para contar con la información completa que garantice el mantenimiento.

2. Problema de estudio

2.1. Antecedentes

La empresa Proquímica sostiene un trayecto de 25 años en el mercado comercial. En este tiempo, ha venido cumpliendo roles esenciales encaminados a la distribución, control de calidad y arreglo de distintos equipos de laboratorio clínico de complejidad baja y media. Actualmente, el registro de mantenimiento en el área de laboratorio que distribuye la empresa se realiza de manera manual, en hojas y no se cuenta con tecnología para gestionar los procesos de

mantenimiento preventivo y correctivo. Por lo mencionado, se ha visto la necesidad de proponer un software que permita automatizar las tareas de mantenimiento que la empresa realiza posventa.

2.2. Descripción del problema

La empresa Proquímica lleva un registro de los mantenimientos de forma manual que se realiza en hojas, esto provoca en muchas ocasiones confusiones, pérdidas de información y de tiempo. A su vez, no se lleva un registro de los mantenimientos que deben realizarse para garantizar la vida útil de los equipos, evitando futuras averías. Este escenario provoca incomodidad a los usuarios y a los mismos trabajadores, incluso pérdidas económicas por demoras para concretar las visitas a los clientes.

2.3. Importancia y alcances

- Esta planificación busca diseñar un software para automatizar los procesos de mantenimiento enfocados a equipos clínicos que son distribuidos y a los que brinda mantenimiento la empresa Proquímica. Esto permitirá ayudar en la gestión de los mantenimientos en fechas específicas, evitando molestias y confusiones a los usuarios. Además, la empresa podrá contar con información sobre la condición en la que están trabajando los equipos dentro y fuera de la ciudad.
- Se creará una aplicación que se integre con el software para apoyar en la toma de decisiones en la empresa para la ejecución de planes de mantenimiento.

2.4. Delimitación

El estudio planteó una delimitación en las extensiones descritas a continuación:

2.4.1. Espacial o geográfica

El proyecto se desarrolló en la provincia del Azuay, en la ciudad de Cuenca, sector de El Vecino, en donde se encuentran la Universidad Politécnica Salesiana y la empresa Proquímica.

2.4.2. Temporal

El tiempo de desarrollo de este proyecto está dado en el período 62, con una duración de 240 horas.

2.4.3. Sectorial o institucional

Esta labor se enfocará principalmente en la empresa “Proquímica”, específicamente en el Departamento de Mantenimiento, al cual se le brindará un prototipo de software, el mismo que busca mejorar el trabajo de cuidado de los equipos de laboratorio clínico que la misma distribuye.

2.5. Problema General

La empresa Proquímica realiza el mantenimiento de los equipos de laboratorio clínico de forma manual, lo cual provoca pérdida de información de los mantenimientos realizados, pérdida de clientes y decrecimiento del ciclo de vida de los equipos.

2.6. Problemas Específicos

- Pérdida de información de los mantenimientos debido a que se lleva un registro de manera manual y con esto no se cuenta con un banco de datos para guardar información.
- Al no tener un banco de datos adecuado, se dificulta organizar el “plan de cuidado preventivo y correctivo de los instrumentos de laboratorio clínico” para que sigan conservando su vida útil por un mayor tiempo.
- Los ingenieros no cuentan con un software para realizar un plan preventivo y correctivo de los instrumentos de laboratorio clínico.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Diseñar e implementar un software para automatizar los procesos de mantenimiento de los equipos que distribuye la empresa Proquímica.

3.2. Objetivos Específicos

- Crear un plan de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo para una centrífuga, un baño maría, una incubadora y un microscopio.

- Diseñar e implementar un software para automatizar el mantenimiento con base al plan propuesto.
- Realizar pruebas de la usabilidad del software y del plan de mantenimiento con los ingenieros de la empresa PROQUÍMICA.

4. Hipótesis

4.1. Hipótesis General

- El software apoyará en la gestión del desenvolvimiento de las tareas de cuidado de los instrumentos de laboratorio clínico de la Empresa Proquímica.

4.2. Hipótesis Específicas

- El cuidado “preventivo, correctivo y predictivo para los instrumentos de laboratorio clínico” mejora los procesos de vida útil de estos equipos.
- El software automatiza los procesos de mantenimiento y permite el desarrollo de los planes que se han propuesto.
- El software permite gestionar los procesos de mantenimientos con una interfaz sencilla.

5. Marco Teórico

5.1. Definición y uso de los instrumentos de laboratorio clínico

El equipo de laboratorio clínico es el instrumento que se emplea en pruebas y exámenes médicos que incluyen muestras biológicas con el fin de obtener información para diagnóstico o seguimiento de las condiciones médicas de un paciente. Estos instrumentos están específicamente diseñados para el análisis de muestras biológicas como sangre, orina, suero y tejido [1].

A continuación, se describen los equipos que serán considerados en el presente trabajo.

5.1.1. Centrífuga

La centrífuga es uno de los principales equipos de laboratorio clínico. Este equipo origina movimientos rotativos con el objetivo de dividir los elementos que componen una sustancia [2]. Existe una diversidad de centrífugas, dependiendo de la sustancia con la que trabajan y son relevantes sus características de velocidad [2]. En la Figura 1 se puede visualizar una centrífuga de hematocritos. En el caso específico de laboratorio clínico, una centrífuga se utiliza para el estudio de sangre, con la función de disgregar el plasma de múltiples elementos que se localizan en el plasma como: eritrocitos, leucocitos, plaquetas, etc [2], [3].

Figura 1

Centrífuga de hematocritos marca TOPSCIEN



Fuente: [Autor]

Las centrífugas ponen en rotación un tipo de muestra que pueden ser sólidas o líquidas para girar a diferentes revoluciones por minuto, lo que permite que se lleguen a alcanzar velocidades altas [4]. En función de la velocidad de trabajo, las centrífugas se pueden clasificar en macro centrífugas, microcentrífugas y ultracentrífugas [3].

En la Tabla 1 se describen las velocidades de trabajos de cada tipo.

Tabla 1

Velocidades de las centrífugas

Tipo	Velocidad
Macro Centrífuga	2.000 y 6.000 RPM
Micro Centrífuga	10.000 y 18.000 RPM
Ultracentrífugas	20.000 y 75.000 RPM

Fuente: [3]

Dependiendo del tipo de centrífuga se contarán con diferentes elementos electrónicos y diferente programación de tiempo, temperatura, velocidad de rotación, entre otras variables [4].

5.1.2. Microscopio

Etimológicamente, la palabra “microscopio” está formada por “micro” que significa “corto”, y “scopio”, que significa “examinar”, esto significa mirar algo pequeño. Un microscopio entonces es una herramienta que permite ver cosas que el ojo humano no puede identificar a simple vista. Esto se logra a través de un sistema óptico que con lentes crean y permiten ampliar las imágenes de las cosas [5], [6].

Con base al número de lentes y a su posición, los microscopios pueden ser de dos tipos: microscopio simple, lupa única o binoculares y está el microscopio compuesto, que es la conjugación de dos o más binoculares variables [7].

El microscopio está constituido por un sistema electrónico y óptico [7], [5]. El sistema electrónico tiene la finalidad de sujetar la muestra en estudio como apoyo al sistema óptico que consta de lentes que están orientados a lo largo de un eje óptico común, llamado ojo y objetivo. Además, tiene una unidad de iluminación incorporada, lo que facilita la observación bajo el microscopio [6]. El principio de funcionamiento está relacionado con las propiedades de ciertos elementos que permiten conmutar el mando de la luz [6]. Siendo la luz la parte más importante, cada microscopio tiene una lámpara de visualización, así como un “condensador” que guía la luz al modelo que se está estudiando. Cabe señalar que el aumento máximo que puede lograr esta herramienta es de 1500x [7]. En la Figura 2 se puede visualizar un microscopio compuesto.

Figura 2

Microscopio compuesto marca NOVEL



Fuente: [Autor]

5.1.3. Baño María

Este equipo, que se ocupa en laboratorio clínico, tiene un recipiente lleno de líquido caliente que se utiliza para sumergir una muestra a una temperatura constante durante un tiempo considerable [9]. Existen equipos con interfaces digitales y analógicas, que permiten a los usuarios seleccionar diferentes valores de temperatura en función de las reacciones químicas que se deban producir [8].

Este dispositivo también se utiliza para realizar pruebas serológicas, pruebas de incubación, biomédicas y farmacéuticas, entre otras [9]. En la Figura 3 se puede visualizar un baño maría con agua no circulante de la marca FAITHFUL.

Figura 3

Baño María marca FAITHFUL



Fuente: [Autor]

Los equipos están hechos con cámaras de trabajo de 2 a 30 litros y normalmente se trabaja con agua, aunque también se puede encontrar equipos que trabajan con aceite [9], [8].

En función del mecanismo y líquido con el que trabaja se pueden encontrar los siguientes tipos:

- **Con agua circulante:** El agua circula por todo el equipo, asegurando una temperatura uniforme, por ejemplo, en pruebas enzimáticas o serológicas [9].

- **Con agua no circulante:** La transmisión de fervor (calor) se efectúa por convección. Una desventaja es que el control de temperatura no tiene alta precisión, aunque existen unidades con accesorios que permiten agitar sin circulación para crear una transferencia de calor de manera fluida [8].
- **Con agitación:** Tienen un control adicional que mueve el contenido del líquido. Es utilizado en laboratorios microbiológicos en donde los cultivos celulares y bacterianos requieren agitación constante [8].
- **De aceite:** Se diferencia de las plantas que usan agua porque la temperatura puede llegar hasta los 200 °C. Se emplea el aceite en lugar de agua porque el agua se evapora más rápido [9].

5.1.4. Incubadora

Equipos que se utilizan para conservar la humedad y la temperatura asegurando condiciones de oxígeno y dióxido de carbono (CO₂) [10].

Las incubadoras pueden trabajar a temperaturas que oscilen entre los 60 y los 65 °C, aunque algunas llegan hasta los 100 °C [10]. Una de sus características es el control de la velocidad de vibración, que se mide en revoluciones por minuto [11].

Existen varios tipos de incubadoras entre las cuales se destacan las siguientes:

- **Incubadora estándar:** Este dispositivo tiene convección asistida, ya sea por gravedad o por ventilador y su temperatura oscila entre los 80°C y los 100°C. En la Figura 4 se puede visualizar una incubadora estándar de la marca FAITHFUL.
- **Incubadora refrigerada:** Este tipo de incubadora funciona a temperatura ambiente o inferior.
- **Incubadora de humedad:** Además de controlar la temperatura interna, también controla la humedad mediante enfriamiento en lugar de calentamiento directo [12].

Figura 4

Incubadora Estándar de la marca FAITHFUL



Fuente: [Autor]

5.2. Mantenimiento de equipos de laboratorio clínico

El mantenimiento es una práctica regular para extender la vida útil del equipo al minimizar el riesgo de falla y garantizar que el equipo continúe funcionando de manera confiable, esto es importante para asegurar la condición de sus productos y para prevenir averías inesperadas que pueden tener graves consecuencias. Si una pieza del equipo falla durante un experimento, se pueden perder horas o incluso días de trabajo crítico y datos importantes. Además, los costos de reparación o reemplazo pueden ser altos, especialmente para equipos especializados y costosos. Cada vez son más los motivos por los que los fabricantes incluyen planes de mantenimiento y de calibración [13].

5.3. Calibración

La calibración permite garantizar y mantener la calidad de los productos conservándolos dentro de las especificaciones. Los procesos de calibración se cumplen controlando estrictamente los métodos utilizados para este fin, lo que brinda compatibilidad directa con los planes de mantenimiento de los equipos. De esta manera, el equipo es eficiente para llevar a cabo los procesos en los laboratorios.

En el marco del mantenimiento y calibración se deben tener presente los riesgos de los equipos.

En la Tabla 2 se muestra la lista de riesgos de los equipos de laboratorio clínico [14].

Tabla 2

Lista de riesgos y niveles de los equipos de laboratorio clínico

RIESGO	NIVEL	DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO
I	Bajo	No están destinados a proteger la vida. No son esenciales No simboliza un riesgo o peligro para la persona que utiliza el dispositivo
II	Moderado Bajo	Si está bajo control Se realizan pruebas en la etapa de producción Se puede verificar su eficacia u operatividad
III	Moderado Alto	Se someten a pruebas especiales para garantizar que estén debidamente protegidos para funcionar
IV	Alto	Se somete a un control especial diseñado para proteger y mantener con vida a las personas

Fuente: [14]

5.4. Tipos de mantenimiento de equipos

El mantenimiento contempla las actividades encaminadas a garantizar el funcionamiento seguro y confiable de un equipo. Es importante contar con un plan que incluya medidas diseñadas para evitar fallas, maximizar el tiempo de actividad y prolongar la duración del equipo [15].

En el ambiente clínico y hospitalario, todos los equipos para diagnóstico (rayos X, MRI, CT), instrumentos de laboratorio clínico, monitores de parámetros fisiológicos, ventiladores mecánicos, bombas de administración de medicamentos y otros utilizados en hospitales, clínicas y centros de salud, necesitan mantenimiento para su correcto funcionamiento y seguridad.

El mantenimiento de un equipo se realiza en diferentes momentos, de ahí que se puede contemplar un mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

5.4.1. Mantenimiento Preventivo

Incluye las actividades planificadas y periódicas que se realizan en los “equipos de laboratorio” para respaldar que funcionen de manera óptima, previniendo fallas inesperadas y alargando su vida útil. Estas acciones se realizan periódicamente, antes de que ocurran problemas o fallas, para evitar interrupciones en los procesos de análisis, asegurar la confiabilidad de los resultados, reducir el período de inmovilidad y minimizar los precios de arreglo. El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de trabajos que se realizan periódicamente de acuerdo con las normas y diversas recomendaciones del fabricante, e incluyen las actividades descritas en la Tabla 3 [16].

Tabla 3

Actividades del mantenimiento preventivo

Actividad	Descripción
Limpieza periódica	El dispositivo y sus componentes (superficies, filtros, tuberías y otros) deben limpiarse a fondo para eliminar residuos, suciedad o sustancias que afecten su funcionamiento.
Calibración	Los instrumentos se verifican y ajustan para garantizar lecturas precisas y que cumplan con los estándares.
Reemplazo de piezas	Algunas piezas/componentes a desgastarse con el tiempo causan mal funcionamiento. Aquí se verifica el estado de las partes sujetas a desgaste (sellos, filtros, juntas o baterías) y se reemplazan según las recomendaciones del fabricante.
Actualización del software	Si el equipo utiliza software se debe actualizarlo para aprovechar las mejoras y bugs que ofrece el fabricante
Revisión y control de parámetros	Se efectúa un control de temperatura, presión, tiempo de ejecución, para garantizar el trabajo en los límites aceptables
Registro de mantenimiento	Registro de las actividades de cuidado o mantenimiento realizadas con un historial completo del dispositivo para facilitar la planificación de futuras intervenciones.

Fuente: [16]

5.4.2. Mantenimiento Predictivo

El cuidado predictivo de los equipos de laboratorio clínico es una estrategia de mantenimiento que emplea técnicas de seguimiento y análisis de datos para prevenir posibles fallas de los equipos antes de que se dañen [17]. Los objetivos principales del mantenimiento predictivo son maximizar la confiabilidad de un instrumento, minimizar el tiempo de inactividad, disminuir los costos extras en el mantenimiento no programado, optimizar la longevidad del dispositivo y mejorar los resultados de las pruebas clínicas. El cuidado predictivo se apoya en la recopilación y estudio de datos en tiempo real para evaluar el estado y el rendimiento del equipo. En la Tabla 4 se describen algunas técnicas y tecnologías utilizadas en el mantenimiento predictivo para realizar el mantenimiento de manera proactiva mejora la eficiencia operativa y garantiza un rendimiento óptimo del laboratorio clínico [17].

Tabla 4

Actividades del mantenimiento predictivo

Actividad	Descripción
Monitoreo continuo	Revisión de las señales de sensores que recopilan datos de variables, como temperatura, vibración, presión, flujo u otros parámetros relacionados con el equipo.
Indagación de datos	Los datos recopilados se procesan y analizan con métodos estadísticos y de aprendizaje automático para identificar patrones significativos, tendencias o desviaciones que indiquen deterioro o fallas.
Umbrales y alertas	Los umbrales y los criterios de alarma se establecen en función del análisis de datos. Al momento de que los valores medidos superan o se desvían de estos umbrales, se genera una alarma o mensaje para el responsable del equipo que indica la necesidad de acciones de inspección o mantenimiento.
Mantenimiento proactivo	Con base a los resultados del análisis y alertas se realiza la planificación de mantenimiento proactivo que implica tomar precauciones antes de que ocurran problemas, como la sustitución de piezas desgastadas, la limpieza o el ajuste de parámetros específicos.
Seguimiento y registro	El mantenimiento se registra para llevar un historial de mantenimiento y mejorar futuras estrategias de mantenimiento.

Fuente:[17]

5.4.3. Mantenimiento Correctivo

El cuidado correctivo busca restaurar o reparar un el equipo que ha sufrido un mal funcionamiento o daño. A diferencia del mantenimiento preventivo o predictivo, que se realiza de manera planificada para evitar que ocurran problemas, el correctivo se efectúa en respuesta a una emergencia o interrupción inesperada en torno al funcionamiento del equipo de laboratorio clínico. Si bien es deseable evitar fallas a través del mantenimiento preventivo y predictivo, el mantenimiento correctivo puede restaurar rápidamente el funcionamiento del instrumento garantizando la continuidad del proceso de análisis clínico [15],[18]. En la Tabla 5 se muestra las distintas actividades del mantenimiento correctivo.

Tabla 5

Actividades del mantenimiento correctivo

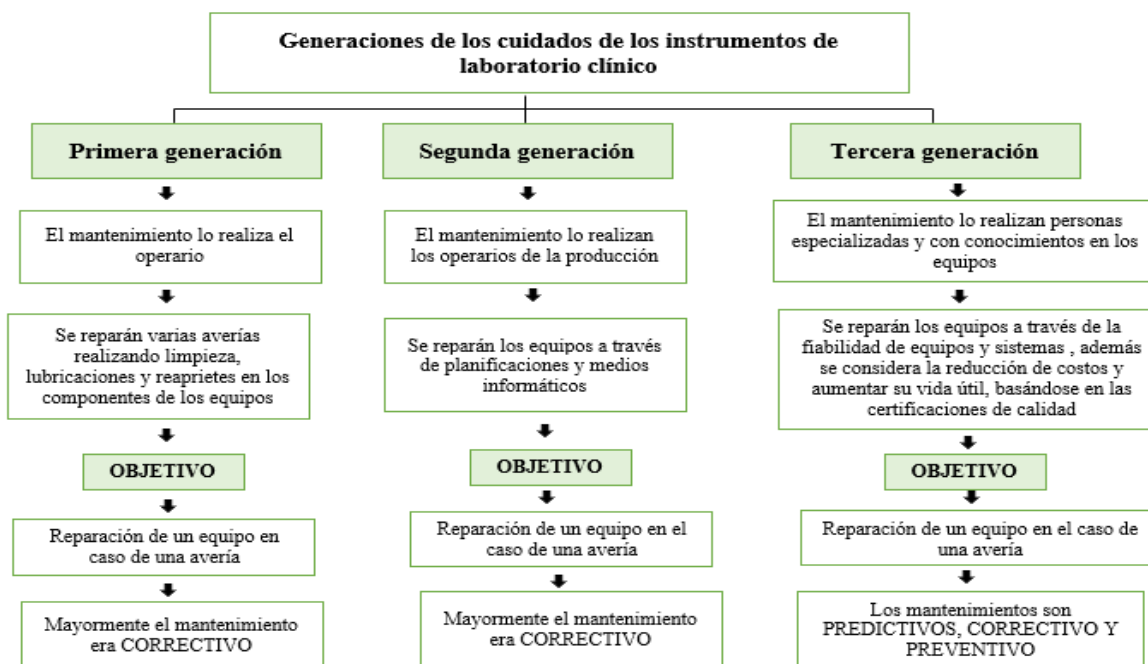
Actividad	Descripción
Identificación de fallas	Evaluación inicial para identificar las fallas en el hardware, con mensajes de error o señales de advertencia recopilando la información relevante sobre el problema.
Diagnóstico de la causa	Proceso para determinar la causa raíz del error con pruebas, análisis de datos o desmontaje de los equipos para conocer que componente o sistema está defectuoso o ya no funciona correctamente.
Reparación o sustitución de componentes	Reparaciones necesarias que puede incluir el reemplazo de componentes, la reparación de conexiones o circuitos eléctricos, el ajuste de parámetros u otras acciones para restaurar el funcionamiento normal del equipo
Pruebas y control	Verificaciones exhaustivas de la precisión de la medición, la estabilidad de los parámetros y de todas las propiedades para el correcto funcionamiento del equipo.
Documentación y Registro	Registro detallado tanto de la falla, de las reparaciones realizadas, repuestos reemplazados e información relevante para llevar un historial de mantenimiento, facilitar la consulta y planificar el mantenimiento predictivo o predictivo.

Fuente:[19]

En la Figura 5 se visualizan las diferentes generaciones de los cuidados de los equipos de laboratorio clínico en los que están involucrado los diferentes tipos de mantenimiento [19].

Figura 5

Generaciones de los cuidados de los instrumentos de laboratorio clínico



Fuente:[19]

5.5. Sistemas Informáticos para la Gestión del Mantenimientos de Equipos

En el marco del cuidado de equipos es necesario llevar un inventario de todas las tareas empleadas para contar con la información completa. En muchos casos, el registro básico se puede guiar en inspecciones en hojas, pero la manipulación de sistemas computarizados de gestión del cuidado posibilita y optimiza el inventario y el seguimiento en entornos médicos [20], con herramientas informáticas como “GMAO (Gestión de mantenimiento asistido por ordenador), CMMS (computerized maintenance management system) o EAM (Enterprise asset management) permitiendo gestionar el cuidado de los instrumentos que son evaluadas en centros de salud [21]. Estos recursos cuentan con funcionalidades que incluyen la gestión de inventario, programación de visitas para mantenimiento y creación del historial de mantenimiento, creación de banco de datos de proveedores y clientes, alertas y recordatorios.

En la Tabla 6 se describen sistemas que se emplean para la gestión del mantenimiento de equipos [21].

Tabla 6

Sistemas para apoyar la gestión de mantenimiento de equipos

SISTEMA	FUNCIÓN
Sistema de mantenimiento asistido por el ordenador (GMAO)	- Sistema mediante un ordenador que permite agilizar tareas y operaciones de cuidado de instrumentos médicos. - Proporciona un manejo de administración y planificación en diversos ámbitos como: maquinaria de producción, diagnóstico, etc.
Sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS)	Sistema con funcionalidades similares a GMAO para programación de tareas, seguimiento de historial y gestión de inventario.
Laboratory Information Management System (LIMS)	Para la gestión de datos en empresas grandes y para el mantenimiento de dispositivos. Permite planificar, realizar un seguimiento de las tareas de cuidado, crear el expediente de cuidado y administrar el inventario relacionado con el dispositivo

Fuente:[21]

Entre los documentos que deben ser incluidos en los sistemas para la gestión de mantenimiento de equipos están: las fichas técnicas, de adquisición y de garantía. Además, es necesario diseñar un cronograma, definir las herramientas y repuestos para las tareas de cuidado. En la Tabla 7 se describe la presentación de esta documentación [20], [21].

Tabla 7

Documentación para apoyar la gestión de mantenimiento de equipos

Documento	Descripción
Ficha técnica	Formulario que prepara el fabricante con datos relevantes de un equipo.
Ficha de adquisición	Formulario en el cual se registra información relevante sobre el litigio de adquisición, proveedores y detalles de la mercancía y servicios adquiridos. Son utilizados por los departamentos de compras o adquisiciones de

	empresas, organismos públicos u organizaciones que deben seguir un proceso formal para compras
Ficha de garantía	Formulario proporcionado por el fabricante o proveedor que detalla los términos de garantía provistos para ese producto, que protege los derechos del consumidor y con información sobre la cobertura del seguro y los procedimientos de garantía. Se entrega al comprador en el momento de la compra y sirve como prueba en caso de futuras reclamaciones.
Cronograma	Programa estructurado y planificado con las actividades para el mantenimiento de los equipos durante un período de tiempo para garantizar el funcionamiento eficaz y confiable del equipo, aumentar su vida útil y reducir el tiempo de inactividad
Registro de herramientas y repuestos	Documento con la descripción de herramientas y repuestos para una operación, mantenimiento y reparación adecuados, entre los que se pueden citar: herramientas de mano, kit de calibración, componentes eléctricos, cargadores y baterías, componentes de soldadura

Fuente:[20]

Entre los medios que se emplean para el diseño de software están los lenguajes de programación para crear páginas web que se comuniquen entre interfaces. Los más recomendables son los de código abierto para que los desarrollos no exijan la adquisición de licencias. Entre ellos se puede citar a PHP que no tiene delimitaciones de uso relacionadas con los derechos de autor y permite planificar proyectos y venderlos sin problemas [22]. Otras herramientas son Java Script que se utiliza para crear sitios web, mapas y gráficos interactivos [23], y HTML (HyperText Markup Language) que es un lenguaje que se utiliza para la preparación de páginas web incluyendo figuras, enunciados y videos etc. El lenguaje principal permite hacer el trabajo de diseñar un sitio web combinando otros lenguajes [24].

Como apoyo al proceso de software los recursos como el editor Visual Studio Code que se utiliza para redactar y perfeccionar un código en diferentes lenguajes de diseño o programación como JavaScript, Python y C#. Incluye funciones para monitorear y depurar un código VS Code [25], [26], [27].

Los sistemas informáticos para la gestión de mantenimiento más recientes están incorporando aplicaciones para teléfonos móviles o acceso a información por códigos QR, que permitan integrar los teléfonos inteligentes en la planificación.

Las aplicaciones móviles se instalan y ejecutan en dispositivos inteligentes para brindar funciones y servicios al usuario. Estas se pueden desarrollar para diferentes sistemas operativos móviles como Android, Windows o iOS [28].

Un código QR se conoce como barras bilaterales que pueden acumular datos en forma de texto o enlaces a sitios web, contactos, mensajes electrónicos etc. Al digitalizar un código QR en el dispositivo de laboratorio, se puede acceder a información de fichas técnicas.

Con el propósito de estimar el nivel de usabilidad de un sistema informático existen pruebas que involucran a usuarios reales para descubrir problemas que los creadores del sistema podrían pasar por alto. De esta manera las distintas preguntas de la prueba permiten conocer operatividad de un sitio web u otro producto informático [28].

Entre las herramientas para este tipo está el cuestionario PSSUQ (por sus siglas en inglés Post-Study System Usability Questionnaire) se denomina un cuestionario de 16 preguntas para evaluar la satisfacción del usuario sobre un sistema o una aplicación. Se enfoca en la facilidad de uso, la eficiencia y la calidad percibida del sistema y se administra a los usuarios después de que han interactuado con el sistema [29]. Los valores más cercanos a 1 representan una mejor usabilidad, el valor neutro es 4 y los más cercanos a 7 representan una menor usabilidad. En el PSSUQ, las puntuaciones más bajas significan una mejor evaluación, lo que indica un mayor nivel de usabilidad y en la Tabla 8 se describen las preguntas del cuestionario y las escalas para su evaluación [30].

Tabla 8

Preguntas del cuestionario PSSUQ

		Mayor usabilidad			Neutral			Menor usabilidad
#	Pregunta	1	2	3	4	5	6	7
1	Estoy satisfecho/a con este sistema							
2	Fue simple usar este sistema							
3	Soy capaz de completar mi trabajo rápidamente utilizando este sistema							
4	Me sentí cómodo usando este sistema							
5	Fue fácil aprender a usar este sistema							

6	Creo que me volví experto rápidamente utilizando este sistema							
7	Creo que podría volverme productivo rápidamente usando este sistema							
8	El sistema dio mensajes de error que claramente me dijeron cómo solucionar problemas							
9	Cada vez que cometía un error al usar el sistema, podía recuperarme fácil y rápidamente							
10	La información (como ayuda en línea, mensajes en pantalla y otra documentación) proporcionada con este sistema fue clara							
11	Fue fácil encontrar la información que necesitaba							
12	La organización de la información del sistema en la pantalla fue clara							
13	La interfaz de este sistema era agradable							
14	El sistema tuvo todas las herramientas que esperaba							
15	Este sistema tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga							
16	En general, estoy satisfecho con este sistema							

Fuente:[30]

6. Marco metodológico

6.1. Materiales y Métodos

En esta sección se detallan los procesos para el desarrollo de un recurso de Software para Gestionar el Mantenimiento de Equipo de Laboratorio Clínico al que se llamó SGM-ELC, para gestionar el mantenimiento de los equipos que distribuye la empresa Proquímica. Esta empresa está ubicada en la ciudad de Cuenca – Ecuador, cuenta con 25 años de experiencia como

distribuidor de equipos para laboratorio clínico, control de calidad y es prestador de servicios de mantenimiento de este tipo de equipos de complejidad baja y media. En el Anexo 1 se describen los datos generales de la empresa Proquímica

Para este fin se empleó la metodología Scrum. En la Tabla 9 se describen roles de los individuos que intervinieron en el trabajo.

Tabla 9

Roles de trabajo con base a la metodología Scrum

Rol	Personas	Tareas
Scrum Master	Estudiantes que desarrollan el trabajo de titulación	
Cliente	Departamento de Mantenimiento de Proquímica	
Dueño del Producto	Proquímica	
Equipo	Estudiantes que desarrollan el trabajo de titulación Tutora del trabajo de titulación Departamento de Mantenimiento de Proquímica	Identificación de la problemática que tienen la empresa Proquímica Definición de la resolución a las dificultades hallados en el sistema web enlazada con una app Definición de las etapas para cumplir el desarrollo de la solución planteada
	Estudiantes que desarrollan el trabajo de titulación	Diseño, programación del sitio web y de la app, pruebas del software

Fuente:[Autor]

Con base a lo planteado, fue necesario realizar la recopilación de información en la empresa, proponer el diseño de SGM-ELC y su implementación que incluye una página web, una aplicación móvil y guardado en un banco de datos, como recursos de un software para

apoyar la gestión de mantenimiento con la información del plan. Finalmente se planteó la metodología para la evaluación del software.

6.2. Recopilación de Información

Como primer punto se realizó una reunión con el Jefe de la Empresa Proquímica, quien nos brindó la autorización para poder realizar el presente trabajo de titulación en sus instalaciones. Posteriormente, se realizaron visitas a la empresa en las cuales los ingenieros que laboran en Proquímica nos orientaron y presentaron a todo el grupo de trabajo responsable del mantenimiento y de compra/ venta de los equipos de laboratorio clínico.

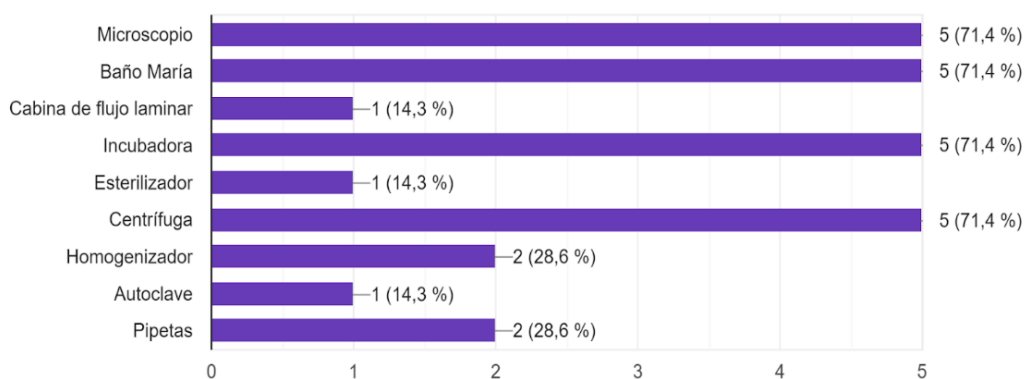
Con el objetivo de proponer un proyecto de cuidado preventivo, correctivo y predictivo para los instrumentos de Proquímica, se procedió a realizar la consulta al departamento de ventas para conocer los equipos más vendidos del área de laboratorio clínico. Se informó que los siguientes equipos han tenido una alta demanda de venta en los últimos tres años: centrífuga, baño maría, incubadora y microscopio (Figura 6). Por esta razón, la primera versión del software para asistir la dirección de las tareas propuestas de cuidado contendrá la información de estos equipos.

Figura 6

Equipos más vendidos por la empresa Proquímica

Señale cuál o cuáles son los equipos más vendidos por parte de la empresa Proquímica.

7 respuestas



Fuente:[Autor]

En otras visitas a la empresa se conocieron las instalaciones y en donde se lleva a cabo el mantenimiento de los equipos. Se recibió una explicación sobre los procedimientos para realizar el mantenimiento e información de los datos requeridos como número de lote, serie, la fecha en la que se instalaron los equipos seleccionados. Se conoció información general del funcionamiento y principios de operación de estos equipos (Figura 7), las normas de seguridad, las normas de calidad y las regulaciones que se deben de tener en cuenta al momento de trabajar con estos equipos destinados a laboratorios clínicos.

Figura 7

Demostración de uso y manipulación de un microscopio compuesto



Fuente:[Autor]

Posteriormente, se realizaron visitas al Departamento de Mantenimiento de la Empresa Proquímica, con las cuales se evidenció que las fichas técnicas, se registraban en hojas, siendo esta su mayor problemática, al tener mucha información que no está organizada y sin un control de un mantenimiento preventivo y correctivo en torno a las fechas.

Se diseñó y aplicó una encuesta para recopilar la información sobre los procedimientos y las actividades de cuidado que ejecutan los ingenieros de la empresa, la frecuencia y la duración de las intervenciones, los tipos de servicios ofrecidos (preventivo, correctivo y predictivo) y los métodos utilizados para el mantenimiento como se evidencia en la tabla 10.

Tabla 10

Encuesta para conocer las actividades de mantenimiento llevadas a cabo en la empresa Proquímica

Actividades de Mantenimiento						
Equipo	Tipo de Mantenimiento	Frecuencia	Duración	Materiales e Insumos	Procedimiento	Problemas frecuentes
	Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/> Predictivo <input type="checkbox"/>					

Fuente: [Autor]

Se revisaron los manuales y la documentación sobre las tareas de mantenimiento, que se encontraba registrada en hojas de papel y se digitalizó esta información.

Para crear los planes de mantenimiento se identificaron los equipos más vendidos por la empresa y a los que se les realiza mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Estos equipos se describen en la Tabla 11.

Tabla 11

Requerimientos de mantenimiento de los equipos más vendidos de la empresa Proquímica

Equipos	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Predictivo
Centrífuga	✓	✓	✓
Microscopio	✓	✓	✓
Baño María	✓	✓	✓
Incubadora	✓	✓	✓

Fuente: [Autor].

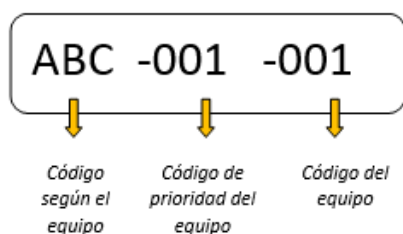
6.2.1. Inventario

Como información relevante para identificar y distinguir un equipo de laboratorio clínico evitando confusiones, se propuso utilizar una codificación para que los equipos sean registrados en un inventario ajustándose a las necesidades y requisitos de la empresa Proquímica.

Este código se forma por la combinación de letras y números considerando el nombre del equipo, su prioridad y un código único. En la Figura 8 se muestra la designación del código de identificación.

Figura 8

Designación del código para los equipos de laboratorio clínico de la empresa Proquímica



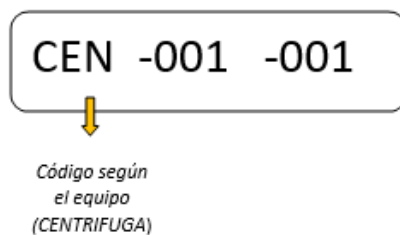
Fuente:[Autor]

Código según el equipo

Se utiliza el nombre del equipo de laboratorio clínico como parte del código de identificación única. Aquí se utilizan las tres primeras letras del nombre del equipo, en mayúscula, como abreviatura como parte del código. De esta manera se facilita la asociación entre el código y el equipo en cuestión para reconocer y buscar equipos en el inventario según su nombre. En la Figura 9 se evidencia un ejemplo del código para una centrífuga.

Figura 9

Formato del código según el equipo, en este caso es del equipo "CENTRÍFUGA"



Fuente:[Autor]

Código de prioridad de equipos

Permite identificar la importancia o la prioridad de un equipo para gestionar los equipos de manera eficiente, especialmente en distintos momentos en las que se emplee una atención especial o una respuesta rápida.

En la tabla 12 se presentan el orden de prioridad para asignar el código a los equipos de laboratorio clínico de la empresa Proquímica.

Tabla 12

Código de prioridad de los instrumentos de laboratorio clínico

Prioridad	Características	Código
Baja	Equipos que no son esenciales para las operaciones diarias en el laboratorio clínico Estos equipos ante una falla no involucran un impacto significativo en la prestación de servicios.	001
Media	Equipos importantes, pero no críticos, cuya falla no tendría un impacto inmediato en el laboratorio clínico. Estos equipos pueden ser necesarios para realizar pruebas o análisis específicos, pero hay alternativas disponibles en caso de falla.	002
Alta	Equipos indispensables para el funcionamiento continuo del laboratorio clínico. Estos equipos son necesarios para realizar diagnósticos vitales y su falla podría tener un impacto significativo para la labor continua del laboratorio clínico.	003

Fuente:[Autor]

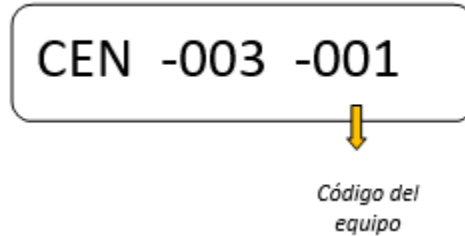
Código del equipo

Este identificador único es asignado a un equipo específico para facilitar la identificación rápida, así como su seguimiento y gestión de mantenimiento.

En la Figura 10 se evidencia un ejemplo de la forma empleada del código del equipo para una centrífuga.

Figura 10

Formato del código del equipo, en este caso es del equipo “CENTRÍFUGA”



Fuente:[Autor]

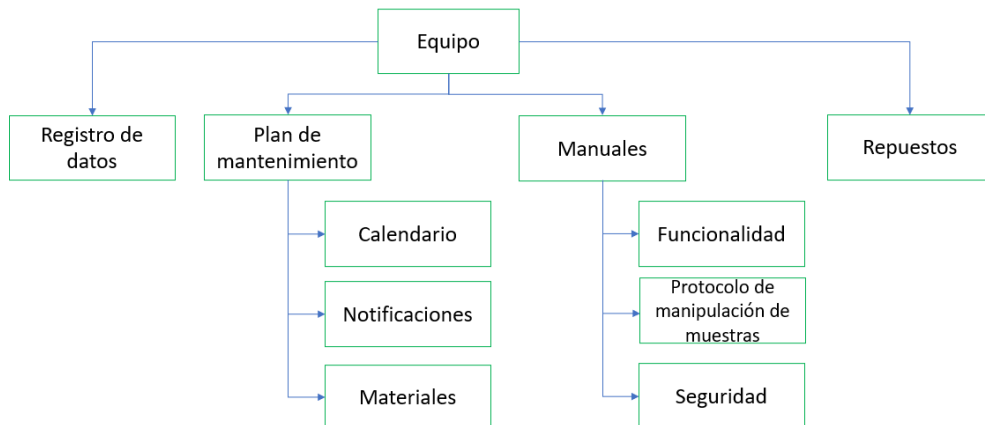
6.3. Desarrollo de la interfaz web – Software para Gestionar el Mantenimiento de Equipo de Laboratorio Clínico (SGM-ELC)

Diseño del software

Para definir la organización de la información para el software se consideró la investigación proporcionada por los ingenieros de la empresa Proquímica y la información de los manuales del fabricante. Con base a esto se estructuró el diagrama de la Figura 11, que muestra la propuesta de la información relevante para alimentar el sistema que brinde soporte como proyecto de cuidado de los instrumentos de laboratorio clínico: centrífuga, microscopio, baño maría e incubadora.

Figura 11

Diagrama de bloques con la descripción de la información requerida para la gestión de mantenimiento de un equipo de laboratorio



Fuente: [Autor]

Para el registro del equipo son necesarios los datos técnicos que deberán ser ingresados al software para que los responsables de realizar el mantenimiento puedan crear una ficha con lo siguiente: nombre del equipo, modelo, número de serie, código, métodos de operación, fecha de adquisición y responsable de mantenimiento.

El plan de mantenimiento requiere incluir un calendario para la programación de las fechas de mantenimiento, las revisiones periódicas, limpieza del equipo y reemplazo de piezas. Para definir los periodos de trabajo se consideraron los comentarios de los ingenieros de mantenimiento y las recomendaciones del fabricante.

Con las notificaciones se busca implementar un sistema con indicaciones y alertas para la ejecución de tareas de mantenimiento para el equipo, calibración, ajustes y pruebas.

La sección de materiales busca que los técnicos cuenten con los recursos necesarios para realizar los servicios de mantenimiento a tiempo.

El acceso a los manuales y documentación técnica busca facilitar el acceso a manuales de usuario, guías de mantenimiento, especificaciones técnicas y documentación relevante para el proceso de mantenimiento. Aquí se incluye la descripción de las diferentes funciones y configuraciones de los equipos dependiendo de los modelos. En esta sección se incluyen, además, manuales para mantenimiento que se definieron con base a la experiencia de parte de los ingenieros de la empresa. En estos documentos se describen las herramientas y procesos a seguir ante las fallas más comunes, se encuentran técnicas para monitoreo y para realizar una inspección minuciosa de los equipos. Se incluyeron consejos para maximizar la vida útil del dispositivo, información sobre el cómo almacenar los equipos y consejos para optimizar el rendimiento.

Los equipos que lo requieran cuentan con la descripción de las normas y los estándares aplicables, los requisitos de verificación, calibración, mantenimiento, seguridad y protocolos especiales para una manipulación adecuada de muestras.

La información de repuestos busca facilitar el control de existencias de los insumos necesarios para realizar el mantenimiento y reemplazo de componentes.

La Especificación de Requisitos de Software (ERS), detalla las exigencias, alcances, informes, que generan una visión general del documento.

En la Tabla 13, se describen los nombres claves que se emplean en torno al estudio y creación de las exigencias del cliente.

Tabla 13

Descripción de la información que se maneja dentro de la página web

Nombre	Descripción
Proquímica	Nombre del Sistema Web
ERS	Especificación de Requisitos Software
Administrador	Persona que usará el sistema para gestionar los procesos.
Ingenieros	Personas que usarán e interactúan el sistema para los mantenimientos de los equipos de laboratorio clínico.

Fuente: [Autor]

El sistema contará con varios módulos que servirán para el registro de los diferentes mantenimientos de los equipos, brindando información básica del equipo, información técnica e información de manuales, como se describe en la Figura 11 (en el cual se indica la figura del diagrama de bloques de la información).

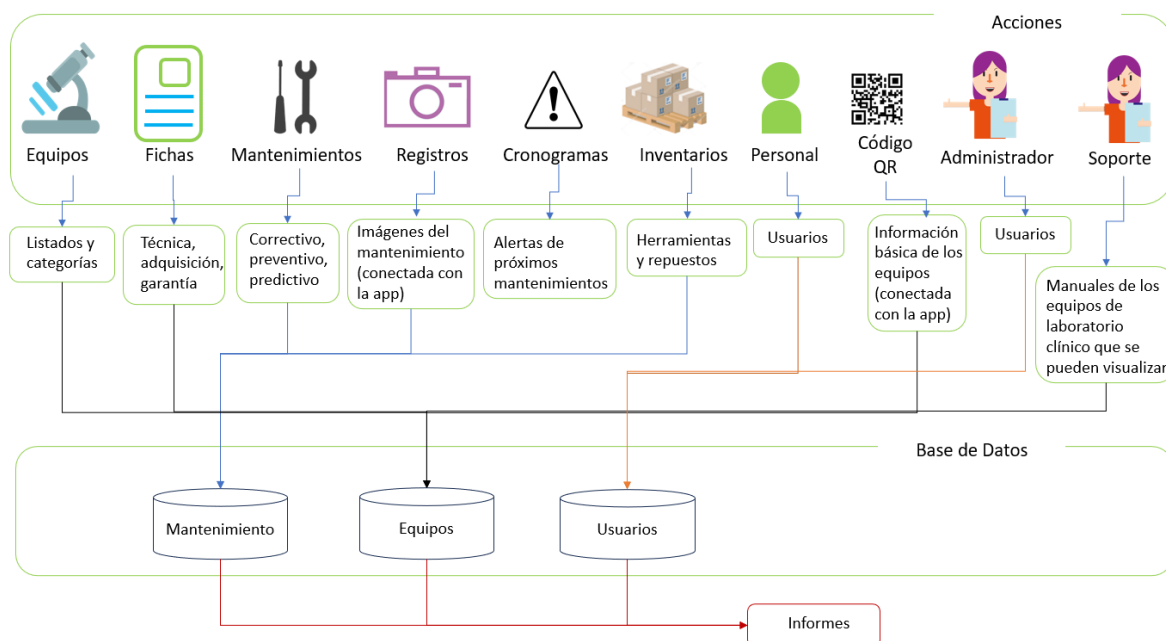
Además, se programará un cronograma con las fechas en las que se debe emplear los cuidados preventivos y correctivos de los equipos.

El sistema plantea un diseño para emplear en entornos web, lo que admitirá su funcionamiento de forma rápida. La estructura del sistema incluye una página web y también una aplicación móvil.

En la figura 12 se muestra la estructura de la página web del sistema.

Figura 12

Diagrama de flujo de la estructura de la página web que muestra la interconexión de las acciones e información para la administración del cuidado de los instrumentos de laboratorio clínico



Fuente: [Autor]

El software incorpora información de los equipos con las secciones: equipo, categoría, fichas y código QR. Para ayudar de forma eficiente de las tareas de cuidado preventivo y correctivo de los instrumentos que se incorporaran las secciones: mantenimiento, registro, cronogramas, inventarios y soporte. Además, se cuenta con información del personal y sus responsabilidades con las secciones: personal y administrador. Esto brinda una base automatizada para apoyar las tareas de mantenimiento en el momento adecuado y de manera sistemática, para prevenir averías y minimizar el periodo de inactividad.

A fin de almacenar y administrar la información relacionada con el mantenimiento de equipos de laboratorio clínico, se cuentan con bases de datos para mantenimiento, equipos y usuarios, de tal manera que se puedan almacenar y recuperar los datos necesarios para la gestión de mantenimiento.

La información puede exportarse como documentos con extensión pdf. En el marco de las reuniones con el Departamento de Mantenimiento se realizó el requerimiento de la generación de estos documentos con la información cada servicio, incluidos los detalles de las acciones realizadas, resultados de pruebas y calibraciones, observaciones clave, recomendaciones adicionales y acciones correctivas ejecutadas.

Página web

Para el desarrollo del software se han planteado las siguientes restricciones:

- Desarrollo característico para la red
- El procedimiento Web se diseñará por medio de un MVC
- Se utilizará TOMCAT para la unión con el banco de Datos
- El desarrollo será con un lenguaje de programación PHP el mismo que será en Backend
- El progreso será con un lenguaje de programación Java Scrip y lenguaje de etiquetas (HTML) para el frontend
- El sistema se desarrolla en IDE Visual Studio Code
- Se utilizará el banco de datos MySQL

El boceto visual en el que se evidencia la interfaz de la página se efectuó con una plantilla de la biblioteca Bootstrap, que proporcionó una estructura conceptual y una base adecuada para el desarrollo de la primera versión del sistema.

Considerando que los trabajadores de la empresa usarían por primera vez un software para fines de mantenimiento de equipos se buscó que sea una herramienta que permita fácil interacción. En la Tabla 14 y tabla 15, se visualizan las singularidades de los usuarios que van a manipular la página web , estos son: gerente (administrador) e ingenieros de la empresa Proquímica.

Tabla 14

Descripción del administrador de la página web y de la aplicación

Nombre	Descripción
Tipo de usuario	Administrador
Formación	Conocimiento de informática
Actividades	Gestionar el Sistema Web específicamente de los usuarios del sistema, módulos y soporte

Fuente: [Autor]

El administrador del sistema web, en la empresa contará con el intelecto necesarios en informática para el uso y configuración del método dentro del sistema, adjuntamente se debe

incluir un manual de cliente como ayuda para producir los registros de mantenimientos, ficha, técnicas, cronogramas etc.

Con base a lo indicado se ha verificado que los ingenieros que trabajarán con el sistema cuentan con los conocimientos básicos en informática (tabla 15).

Tabla 15

Descripción de la formación y conocimientos de los ingenieros de la empresa

Nombre	Descripción
Tipo de usuarios	Ingenieros
Formación	Conocimiento de los mantenimientos de equipos de laboratorio clínico
Actividades	Gestiona los diversos mantenimientos

Fuente: [Autor]

En la Tabla 16, se evidencia los datos de los requerimientos funcionales (identificados como RF) y de los no funcionales (identificados como RN) del software, todos con prioridad alta.

Tabla 16

Requerimientos funcionales (RF) y no funcionales (RN) del programa

Identificación	Nombre	Descripción	Requerimiento no funcional
RF01	Control de acceso	El sistema controlará el acceso. Los clientes deben acceder con un usuario y clave.	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RF02	Lectura de código QR	Cualquier cambio de documentos vía internet que efectué el programa se ejecute por medio del registro y codificado https.	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RF03	Registro de mantenimiento	Los ingenieros autorizados podrán registrar información de los	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04

		mantenimientos de los equipos de laboratorio	
RF04	Registro de ficha técnica	Los ingenieros autorizados podrán registrar la ficha técnica del equipo de laboratorio	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RF05	Registro de los equipos	Los ingenieros autorizados podrán registrar los equipos y listar cada uno de ellos	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RF06	Registro de cronograma	Los ingenieros autorizados podrán registrar las fechas de mantenimientos en un calendario dinámico	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RF07	Módulo de inventario	Los ingenieros autorizados podrán registrar las herramientas de la empresa	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RF08	Gestión de clientes	El gerente podrá crear, eliminar, modificar o ver a un usuario	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RF09	Soporte	Los ingenieros autorizados podrán acceder al módulo de soporte para ver y agregar manuales de los equipos	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RF010	Interfaces externas	La página web podrá ser utilizada en todos los navegadores de Internet.	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RF011	Interfaz gráfica del login	El módulo usuario acepta condiciones alfanuméricos. El módulo contraseña aprueba condiciones alfabéticos, numéricos y particulares.	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RF012	Exportación de reportes	El sistema admitirá y arrojará un reporte tipo Excel y Pdf del módulo que desea el usuario	RNF01, RNF02, RNF03, RNF04
RNF01	Rendimiento	Las evaluaciones del programa se tramitarán con el instrumento Testing.	
RNF02	Usabilidad	El gerente del programa web tendrá autorizado el acceso a la cuenta a otros usuarios para visualizar la información en diferentes sesiones.	
RNF03	Eficiencia	El programa debe ser conciliable con todos navegadores.	

RNF04	Navegabilidad	El sistema debe tener una disponibilidad del 99.99% para el usuario	
-------	---------------	---	--

Fuente: [Autor]

Como exigencia suplementaria para que el programa web funcione de ha definido que la interfaz del usuario debe ser definida por el usuario implicado en el progreso del programa. Respecto a la interface de hardware de usuario se debe trabajar con el usuario para asegurar el buen rendimiento del programa web.

En este sentido, el hardware/software debe integrar lo siguiente:

- Procesador Core 2duo – mínimo
- Memoria RAM mayor a 2 GB – minima
- Adaptadores de Red (Cable Ethernet o wifi)
- Teclados, Mouse, etc.
- 200 GB espacio Web
- Memoria RAM de 8 GB
- Procesador de ocho núcleos
- Sistema Operativo: Windows 7 o superior
- Explorador: Chrome, Mozilla, Opera, Brave y Safari

Gestión de PHP y MySQL

Estos requerimientos buscan garantizar que el programa Web y la Aplicación móvil dispongan de la tecnología apta para establecer el banco de datos y otros reportes por medio de un hosting. En el marco de las reuniones en la empresa se verificó que la infraestructura tecnológica del Departamento de Mantenimiento permite la implementación de un sistema para gestionar las tareas de mantenimiento, ya que se cuenta con computadoras portátiles, teléfonos inteligentes y compatibilidad con los sistemas operativos, que cumplen los requerimientos.

El modelo de la clase cliente fue realizado en Visual Studio Code y su estructura de datos incluye:

- Ficha Adquisición
- Ficha garantía
- Ficha técnica
- Herramientas
- Permiso
- Persona
- Predictivo
- Preventivo
- Repuestos
- Usuario

Estos diferentes dominios se ejecutarán en base al método SCRUM.

En la Figura 13 se visualiza el código del patrón de la jerarquía Cliente.

Figura 13

Código del modelo de la clase cliente el mismo que fue realizado en Visual Studio Code

```
modelos > fichaadquisicion.php
1 <?php
2 //Incluir la conexión de base de datos
3 require "../config/Conexion.php";
4 class Articulo{
5
6
7 //Implementamos nuestro constructor
8 public function __construct(){
9
10 }
11
12 //metodo insertar registro
13 public function insertar($idcategoria,$codigo,$nombre,$stock,$descripcion,$imagen){
14     $sql="INSERT INTO articulo (idcategoria,codigo,nombre,stock,descripcion,imagen,condicion)
15     VALUES ('$idcategoria', '$codigo', '$nombre', '$stock', '$descripcion', '$imagen', '1')";
16     return ejecutarConsulta($sql);
17 }
18
19 public function editar($idarticulo,$idcategoria,$codigo,$nombre,$stock,$descripcion,$imagen){
20     $sql="UPDATE articulo SET idcategoria= '$idcategoria',codigo= '$codigo', nombre= '$nombre',stock= '$stock',descripcion= '$descripcion',imagen= '$imagen'
21     WHERE idarticulo= '$idarticulo'";
22     return ejecutarConsulta($sql);
23 }
24 public function desactivar($idarticulo){
25     $sql="UPDATE articulo SET condicion= '0' WHERE idarticulo= '$idarticulo'";
26     return ejecutarConsulta($sql);
27 }
28 public function activar($idarticulo){
29     $sql="UPDATE articulo SET condicion= '1' WHERE idarticulo= '$idarticulo'";
30     return ejecutarConsulta($sql);
31 }
32
33 //metodo para mostrar registros
34 public function mostrar($idarticulo){
35     $sql="SELECT * FROM articulo WHERE idarticulo= '$idarticulo'";
36     return ejecutarConsultaSimpleFila($sql);
37 }
38
39 //listar registros
40 public function listar(){
41     $sql="SELECT a.idarticulo,a.idcategoria,c.nombre as categoria,a.codigo, a.nombre,a.stock,a.descripcion,a.imagen,a.condicion FROM articulo a INNER JOIN categoria c ON a.idcategoria=c.idcategoria";
42     return ejecutarConsulta($sql);
43 }
44 }
```

Fuente: [Autor]

En la figura 14, se evidencia la organización del código de la traza especialidades en Visual Studio Code que define lo que el cliente puede visibilizar.

Figura 14

Código de la vista de especialidades en Visual Studio Code

```
vistas > login.html > ...
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4 <meta charset="utf-8">
5 <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
6 <title>Iniciar Sesión</title>
7
8 <link rel="icon" href="../../files/minilogo.png">
9
10 <meta content="width=device-width, initial-scale=1, maximum-scale=1, user-scalable=no" name="viewport">
11
12 <link rel="stylesheet" href="../../public/css/font-awesome.min.css">
13
14 <link rel="stylesheet" href="../../public/dist/css/AdminLTE.css">
15
16 </head>
17 <body class="hold-transition login-page">
18 <div class="login-box">
19 <div class="login-logo">
20 </div>
21 <!-- /.login-logo -->
22 <div class="login-box-body">
23 <p class="login-box-msg">PROQUÍMICA</p>
24
25 <form method="post" id="frmAcceso">
26
27 <div class="form-group has-feedback">
28 <label class="fa fa-user form-control-feedback" for="logina"> Usuario</label>
29 <input type="text" id="logina" name="logina" class="form-control" placeholder="Ingrese Usuario" required />
30 </div>
31
```

Fuente: [Autor]

En la figura 15, evidencia el código en Visual Studio Code del control de consultas con la base de datos. Este controlador está representado de la vista, patrón y diferentes recursos para procesar requerimientos con el banco de datos.

Figura 15

Código del modelo de la clase cliente en Visual Studio Code

```
config > Conexion.php
1 <?php
2 require_once "global.php";
3
4 $conexion=new mysqli(DB_HOST,DB_USERNAME,DB_PASSWORD,DB_NAME);
5
6 mysqli_query($conexion, 'SET NAMES "'.DB_ENCODE.'");
7
8 //muestra posible error en la conexion
9 if (mysqli_connect_errno()) {
10 printf("Falló en la conexion con la base de datos: %s\n",mysqli_connect_error());
11 exit();
12 }
13
14 if (!function_exists('ejecutarConsulta')) {
15 function ejecutarConsulta($sql){
16 global $conexion;
17 $query=$conexion->query($sql);
18 return $query;
19
20 }
21 function ejecutarConsultaSimpleFila($sql){
22 global $conexion;
23 $query=$conexion->query($sql);
24 $row=$query->fetch_assoc();
25 return $row;
26 }
```

Fuente: [Autor]

Aplicación móvil (App)

En las actividades descritas para el progreso de la página web se recolectaron los datos que son considerados para la aplicación.

El App se creó en el lenguaje de programación de Java y está diseñada en forma que sea redireccionada a la página web. Para la misma se plantearon las siguientes restricciones:

- La planificación es la misma que la del sistema web, tal como se evidencia en la tabla 16.

En la Tabla 17, se describe el informe de los requerimientos funcionales (identificados como RF) y de los no funcionales (identificados como RN) para la aplicación móvil (App), todos con prioridad alta.

Tabla 17

Requerimientos funcionales (RF) y no funcionales (RN) de la App

Identificación	Nombre	Descripción	Requerimiento no funcional
RF01	Permiso de acceso a la cámara	La aplicación solicitará permiso de la cámara para escanear el código QR	RNF01
RF02	Redireccionamiento a la página web	La aplicación tendrá una pantalla en la cual se podrá visualizar el sitio web	RNF01
RNF01	Navegabilidad	El sistema debe tener una disponibilidad del 99.99% de las veces que el usuario intente acceder al mismo.	

Fuente: [Autor]

Los datos adicionales para la App son:

- Memoria RAM mayor a 4 GB – mínima
- Conexión a datos móviles o wifi
- Pantalla gráfica
- No necesita hardware el servidor debido a que la aplicación se redireccionará al sitio web.

- Sistema Operativo: Android 5.0 o superior
- Los usuarios que utilicen la aplicación deberán saber manejar un dispositivo móvil.

En la figura 16, se evidencia la organización del código en Java, de la vista especialidades que redirecciona a la página web.

Figura 16

Código para el redireccionamiento de la aplicación hacia la página web en Java

```

1  package com.evelyn.myapplication;
2
3  import ...
15
16 public class MainActivity extends AppCompatActivity {
17
18
19
20     private WebView myWebView;
21     private WebSettings myWebSettings;
22
23     @Override
24     protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
25         super.onCreate(savedInstanceState);
26         setContentView(R.layout.activity_main);
27         myWebView = findViewById(R.id.web1);
28         myWebSettings = myWebView.getSettings();
29         myWebSettings.setJavaScriptEnabled(true);
30         myWebSettings.setDomStorageEnabled(true);
31
32         myWebView.loadUrl("https://proquimica.live/vistas/login.html");
33         myWebView.setWebViewClient(new WebViewClient());
34
35     }
36
37

```

Fuente: [Autor]

Para el proyecto de la interface del cliente, se consideró utilizar ventanas, gráficos, botones, imágenes, previa comunicación con los futuros usuarios.

El sistema se constituye de esta manera de una página web y una App para permitir que los responsables de mantenimiento estén conectados con la página web y puedan gestionar información de las siguientes secciones: fichas, mantenimientos, registros, escanear código QR y soporte.

El acceso al código QR es el medio por el cual se puede acceder a la información básica de los equipos mediante la aplicación.

La información de evidencias de las condiciones del equipo antes y después del mantenimiento está conectada con la aplicación móvil para facilitar el envío de información por otros medios de comunicación como emails o redes sociales, cuando se requiera.

Pruebas

Las pruebas de usabilidad del sistema SGM-ELC fueron realizadas por 5 voluntarios, 4 hombres y 1 mujer ($37,7 \pm 14$ años), ingenieros de la empresa Proquímica. Los voluntarios recibieron una explicación sobre todo el proceso de uso del sistema. Posteriormente a todos se les pidió realizar lo siguiente:

1. Instalar el aplicativo y acceder a la página web como usuario
2. Ingresar la información de un equipo en todas las categorías indicadas
3. Generar los informes del banco de datos del programa para verificar si está completa y en el formato correcto.
4. Llenar el formulario PSSUQ (Anexo 2) aplicado como una herramienta para evaluar la satisfacción del usuario sobre el sistema y la aplicación. Las preguntas de este cuestionario fueron descritas en el capítulo 1.

7. Resultados

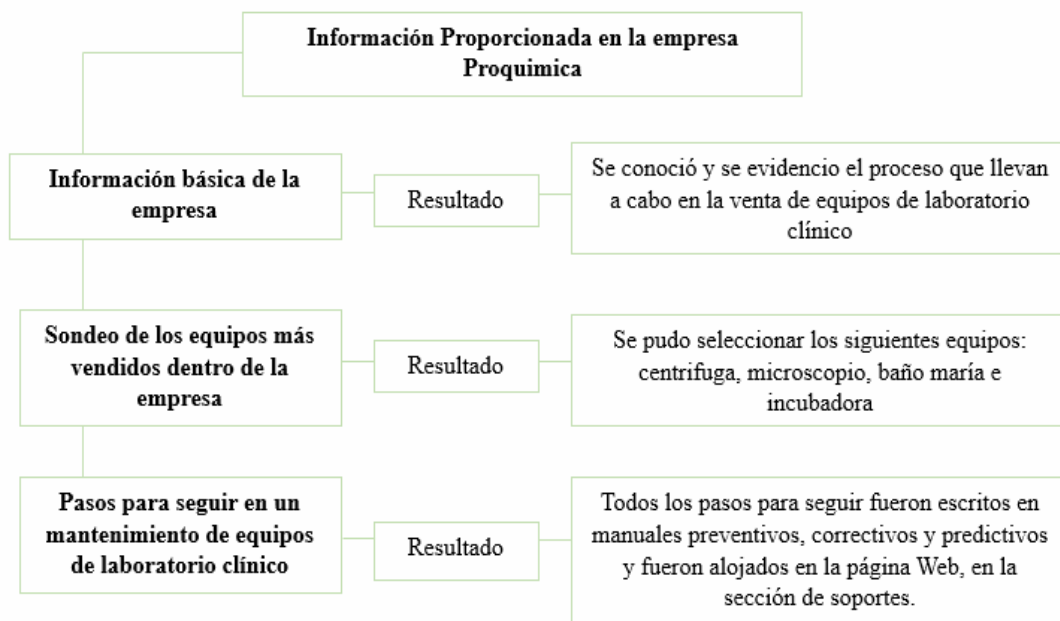
Recopilación de información

Al realizar el primer acercamiento a la empresa Proquímica existió toda la disponibilidad de brindar la información correspondiente, en el cual se conoció a todos los ingenieros que laboran en la empresa y se evidenció el proceso para la venta de un equipo de laboratorio clínico.

En la Figura 17 se describe como se gestionó la información recopilada en la empresa.

Figura 17

Gestión de la información proporcionada por parte de la empresa

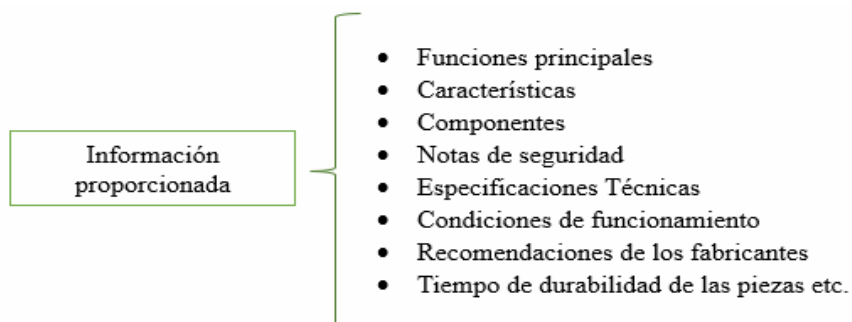


Fuente: [Autor]

A partir de esta información se procedió a verificar los procesos para mantenimiento de los equipos de laboratorio clínico: centrífuga, baño maría, incubadora y microscopio. Se redactó un manual con base a la experiencia del Departamento de Mantenimiento, en el cual consta la información indicada en la Figura 18. El mismo está alojado en la página web y se encuentra en el Anexo 2.

Figura 18

Información que consta en los manuales creados con base a la experiencia del Departamento de Mantenimiento de la empresa Proquímica



Fuente: [Autor]

El levantamiento de información fue relevante porque a partir de la experiencia que los ingenieros del Departamento de Mantenimiento se pudo organizar los procedimientos y generar planes de mantenimientos para futuros trabajadores de la empresa. Esto aporta a la seguridad en la ejecución de los procedimientos con guías para realizar los diferentes tipos de mantenimiento.

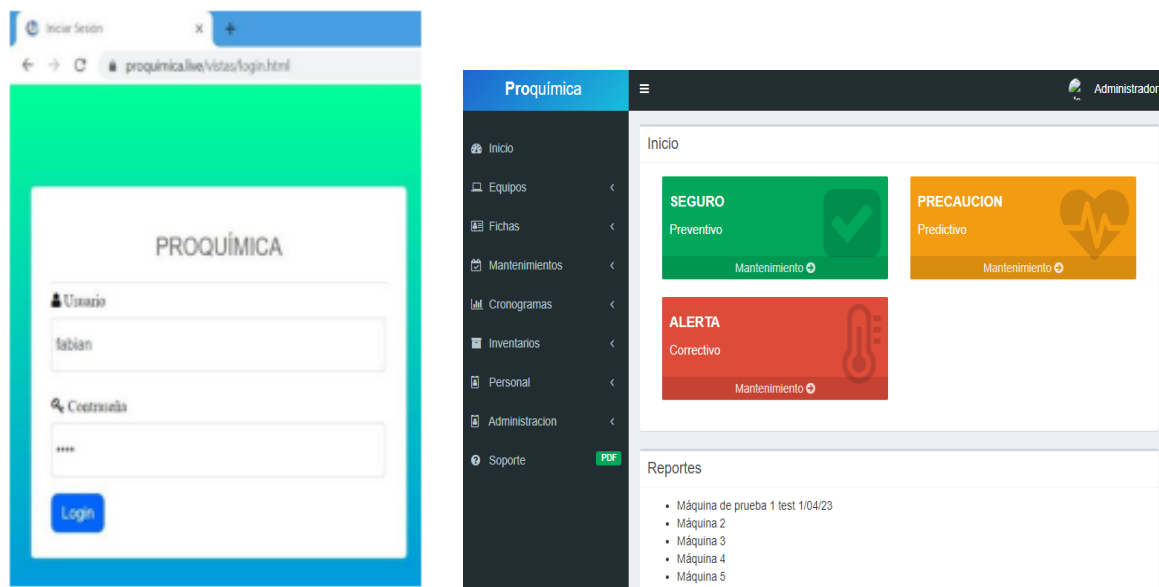
Durante el ordenamiento, recolección y estudio de toda la indagación se efectuaron diferentes tipos de trabajo, para los cuales fue importante el tener la ayuda del personal de la empresa, los cuales nos fueron indicando la información más crucial y notable del proyecto.

7.1. Software para Gestionar el Mantenimiento de Equipo de Laboratorio Clínico (SGM-ELC)

En la figura 19, se muestra la pantalla de login y de inicio de la página del sistema de Proquímica.

Figura 19

Interfaz de la página web (a) login; (b) página principal



(a)

(b)

Fuente: [Autor]

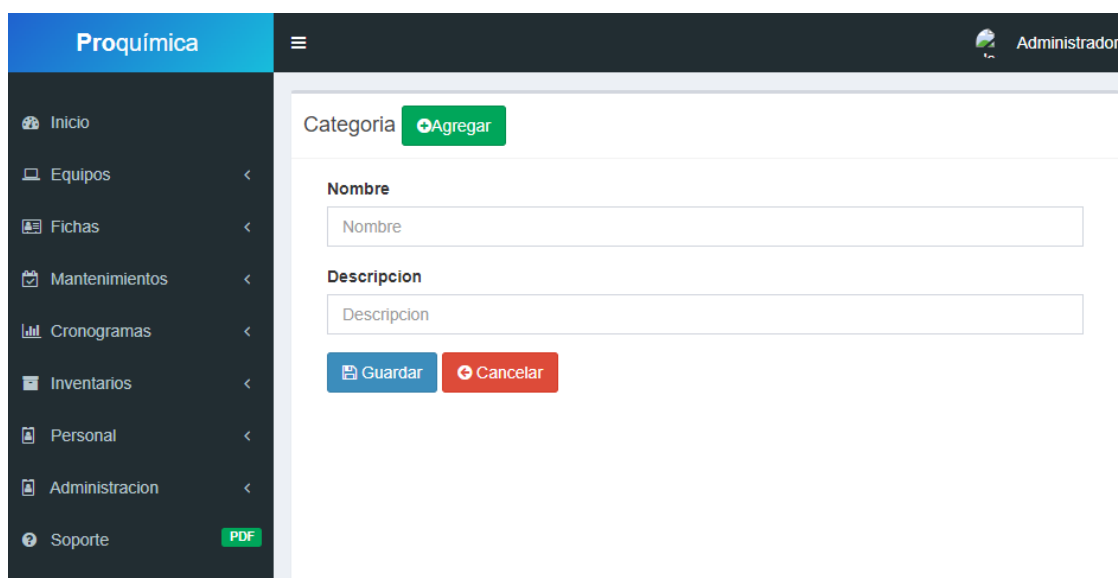
Con el Dashboard de Proquímica, se puede ingresar a la interfaz para realizar el acceso al sistema introduciendo los datos del cliente y contraseña como se evidencian en la Figura 19 (a). Posteriormente el usuario puede acceder a la página principal en la cual consta un menú con las opciones de inicio, equipos, fichas, mantenimientos, cronogramas, inventarios, personal, administración y soporte como se muestra en la Figura 19 (b).

En la página principal se despliegan noticias que son incluidas por el administrador y alertas de mantenimiento que son generadas de manera automática con base al cronograma registrado en el calendario de trabajo.

En la figura 20, se muestra la pantalla de un formulario, que será similar para todos los módulos para el ingreso de datos.

Figura 20

Formulario para ingreso de datos en la página web



The screenshot displays the Proquímica web application interface. On the left is a dark sidebar menu with the following items: Inicio, Equipos, Fichas, Mantenimientos, Cronogramas, Inventarios, Personal, Administracion, and Soporte (with a PDF icon). The main content area has a header with 'Proquímica' and a user profile 'Administrador'. Below the header, there is a form titled 'Categoria' with a green '+Agregar' button. The form contains two input fields: 'Nombre' and 'Descripcion'. At the bottom of the form are two buttons: 'Guardar' (blue) and 'Cancelar' (red).

Fuente: [Autor]

En la figura 21 se muestra la interface para registrar la información del equipo como nombre, stock, categoría, descripción, código e imagen. Este formulario es el requisito para que un equipo se registre y se evidencie en la lista. La información se enlaza con otros módulos como las fichas, mantenimientos y cronograma.

Figura 21
Módulo de equipos

The screenshot shows the 'Equipos' form in the Proquímica system. The form is divided into several sections:

- Nombre(*):** CENTRIFUGA
- Stock:** 1
- Imagen:** Selección archivo CENTRIFUGA.jpeg (with a thumbnail image of a centrifuge)
- Categoría(*):** Maquinaria Principal
- Descripción:** LABORATORIO CLINICO
- Código:** CEN-003-001

Buttons: Generar (green), Imprimir (blue), Guardar (blue), Cancelar (red). A barcode is displayed below the code field with the text CEN-003-001.

Fuente: [Autor]

En la figura 22 se muestra la interface para la consulta de las fichas técnicas, en donde se desplegará la lista de los equipos ya registrados y se puede registrar información general del equipo.

Figura 22
Módulo de ficha técnica

The screenshot shows the 'Ficha Técnica' form in the Proquímica system. The form is divided into two main sections:

- Datos Generales del Equipo:**
 - Equipo:** CENTRIFUGA
 - Marca:** KANG JIAN
 - Modelo:** KJLC-I
 - Capacidad:** 12 TUBOS
 - Serie:** CEN-003-001
 - Código:** CEN-003-001
 - Costo:** 450.27
- Localización:**
 - Provincia:** Cuenca
 - Ciudad:** Cuenca
 - Dirección:** Terminal terrestre

Fuente: [Autor]

Aquí es posible generar informes como archivos con extensión pdf o de tipo Excel, con datos esenciales de los equipos. En la figura 23 se muestra la interfaz con las opciones para generar la documentación y en la figura 24 se muestra un ejemplo del archivo con la información en pdf.

Figura 23

Interfaz para la generación de informes



Fuente: [Autor]

Figura 24

Ejemplo de documento en pdf

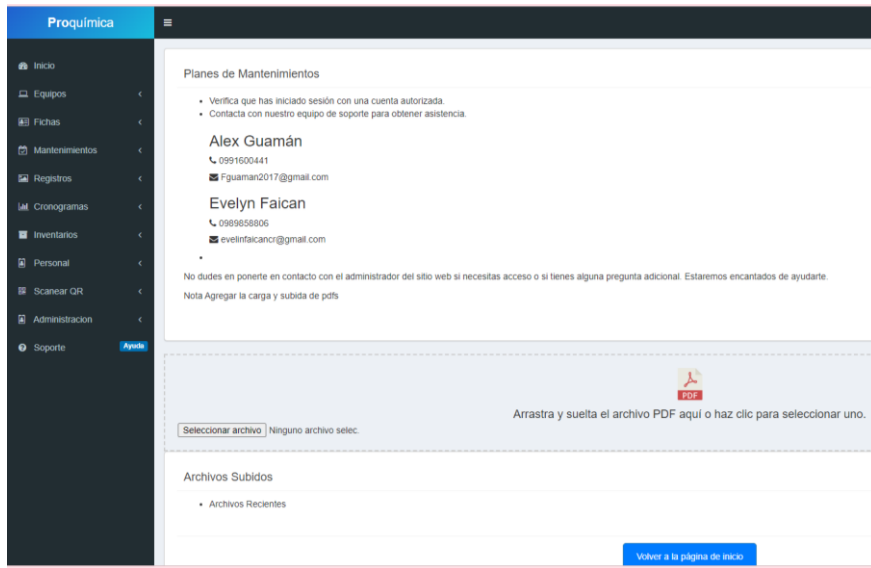


Fuente: [Autor]

En la Figura 25 se visualiza la sección de soporte, en la misma se puede acceder a los documentos con la información del mantenimiento que se realiza por la empresa Proquímica. Cada uno de ellos registran y plantean indicaciones que se deben proceder para efectuar un cuidado correcto.

Figura 25

Módulo de soporte, en donde se alojarán los planes de mantenimiento



Fuente: [Autor]

En la figura 26, se evidencia la pantalla de login para el programa de Proquímica y la página de inicio de la app móvil.

Figura 26

Aplicación de Proquímica (a) pantalla para acceso desde el dispositivo móvil; (b) pantalla de inicio reflejo del sistema web



(a)

(b)

Fuente: [Autor]

Con la aplicación se puede acceder a la información de los equipos y se verificó que es posible acceder a los reportes fotográficos de los mantenimientos y mediante el código QR revisar la información completa que apoya el mantenimiento. En la sección de soporte se puede acceder a los documentos con la guía para realizar el mantenimiento de los equipos centrífuga, microscopio, baño maría e incubadora.

En la figura 27, se evidencia la generación del código QR en la página web, permitiendo acceder a información destacada del instrumento.

Figura 27

Generador de código QR

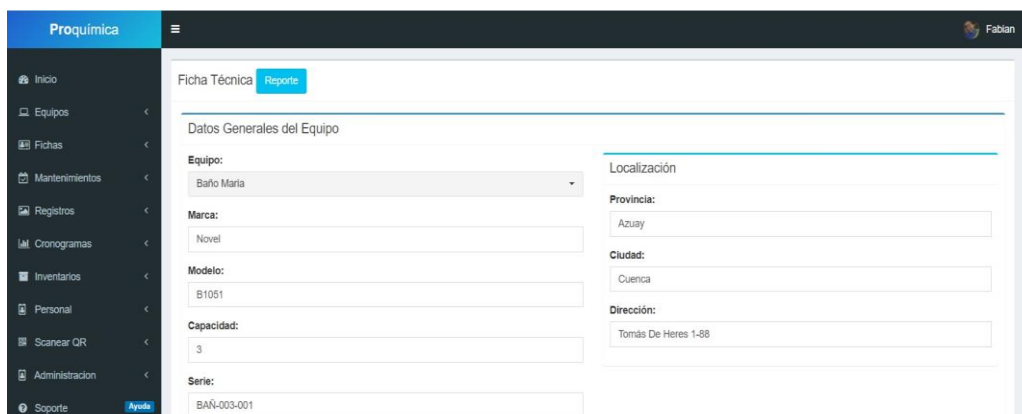


Fuente: [Autor]

De la misma manera se puede evidenciar la integración de la página web (Figura 28) y la aplicación móvil (Figura 29), logrando visualizar la ficha técnica de un equipo.

Figura 28

Ficha técnica visualizada en la página web



Fuente: [Autor]

Figura 29

Ficha técnica visualizada en la aplicación móvil



Fuente: [Autor]

7.2. Pruebas de usabilidad del software

En la Figura 30 se muestra el entorno en el cual se efectuaron las diferentes evaluaciones del sistema por parte de los voluntarios de la empresa Proquímica indicando los pasos detallados en el capítulo 2.

Figura 30

Pruebas de usabilidad en la empresa Proquímica



Fuente: [Autor]

Durante el desarrollo de las pruebas no existieron problemas con la instalación de la App y con el uso del programa web en los PCs de la empresa.

Se brindó una capacitación para la instalación y uso del sistema y se respondieron las dudas que surgieron en el proceso. En la capacitación para la instalación y el uso del sistema se realizaron preguntas sobre la sincronización de la app con la página web. Se destacó que se brindaron explicaciones claras sobre la instalación y el uso del sistema.

Cada una de las personas que participaron probaron la página web y la aplicación, con un tiempo para para conocer la interfaz para una experiencia hacia el usuario de manera positiva y eficiente.

En la tabla 18 se representan los resultados de la app del programa PSSUQ (Anexo 3), en donde 1 representa una mayor usabilidad, 4 es un valor neutro y los cercanos a 7 representan una menor usabilidad.

Tabla 18

Resultados del cuestionario PSSUQ aplicado a los voluntarios

	Preguntas															
Voluntario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: [Autor]

Los valores más cercanos a 1 representan una mejor usabilidad, el valor neutro es 4 y los más cercanos a 7 representan una menor usabilidad. En el PSSUQ, las puntuaciones más bajas significan una mejor evaluación, lo que indica un mayor nivel de usabilidad.

Con base a los resultados del cuestionario PSSUQ las preguntas mejor evaluadas fueron la pregunta 3 que resalta el apoyo que puede brindar el sistema a las tareas para mantenimiento de los equipos. Además, las preguntas 8, 11, 12, 13 y 14 que indican que los voluntarios perciben que el sistema posee la información necesaria y guía para interactuar con el mismo. Las preguntas 5 y 6, relacionadas al nivel de dificultad para aprender a usar este sistema presentan una menor puntuación. Se puede manifestar que es necesario contar con un mayor tiempo para que los usuarios del sistema puedan conocer todas sus funcionalidades y un periodo de práctica.

En las preguntas 1, 2, 4, 7, 9, 10 y 15 al menos un voluntario no evaluó con plena satisfacción el sistema. A estas preguntas están relacionados temas sobre la simplicidad, comodidad, experticia y contenido del sistema, que podrían estar vinculados a la necesidad de un tiempo mayor de capacitación y que resulta importante considerar para evaluar la aplicación del sistema por un grupo con más voluntarios y su evaluación en un mayor tiempo de uso para las labores de mantenimiento. Esto implica considerar la capacitación necesaria además de evaluar la aceptación del cambio y el impacto en la carga de trabajo del personal.

Se considera que se ha obtenido un buen resultado en la evaluación de usabilidad, en la mayoría de las preguntas se tiene un 80% de aceptación lo que evidencia un buen nivel de aceptación del programa web y de la app por parte de los ingenieros de la empresa, quienes manifestaron que el sistema puede ser usado para su trabajo.

Las respuestas recopiladas en el marco de las pruebas han proporcionaron información valiosa orientada a su mejora. Se realizó énfasis en garantizar que no exista pérdida de información para contar con la documentación para los clientes al momento de brindar su servicio. Se recomendó que en una segunda versión del software se habilite la opción para enviar los documentos PDF a los correos electrónicos de los clientes.

Presupuesto

En la tabla 19 se presenta el presupuesto en función del talento humano

Tabla 19

Presupuesto

Cargo	Nombre	Costo hora	Horas al mes	Total, de horas	Costo Total (USD)
Estudiante	Evelyn Faican	\$8	240	240	1920
Estudiante	Alex Guamán	\$8	240	240	1920
	Total				3840

Fuente: [Autor]

Presupuesto de Recursos Materiales

En la tabla 20 se visualiza el valor de varios componentes para el progreso del trabajo de titulación.

Tabla 20

Recursos Materiales

Denominación	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Software	1	1000	1000
Aplicación	1	500	500
Movilización	120 días	1	120
Computador	2 unidades	1200	2400
Internet	240 horas	0.5 c/hora	120
Multímetro	1 unidad	80	80
Celular	1 unidad	280	280
Imprevistos			280
		Total	4780

Fuente: [Autor]

8. Conclusiones

Al concluir el trabajo de titulación se han cumplido los objetivos planteados del proyecto, en el cual se propuso diseñar e implementar un software para automatizar los procesos de cuidado de los instrumentos de laboratorio clínico que distribuye la empresa Proquímica.

La implementación del software en la empresa Proquímica a partir del levantamiento de información realizado en sus instalaciones, permitió contar una plataforma diseñada para el

cuidado de los instrumentos de laboratorio adaptada a los requerimientos de la empresa, con la cual se puede acceder a la documentación esencial para Proquímica, como los manuales que fueron redactados con la información generada a partir de la experiencia del Departamento de Mantenimiento.

El software que integra una página web y una aplicación para equipos de laboratorio clínico dentro de la empresa Proquímica, permite que el registro de las tareas de mantenimiento y la consulta de información pueda realizarse desde diferentes clases de dispositivos en tiempo real.

Para el proyecto y funcionamiento del programa y de la aplicación móvil el método scrum permitió plantear un cronograma y las funciones necesarias para la culminación de los objetivos.

Es necesario contar con información sobre cómo los usuarios determinan el nivel de usabilidad del sistema para mejorar el software y definir estrategias de capacitación. Para esta primera versión del software lo mejor evaluado fue el apoyo que puede brindar esta herramienta para realizar las tareas de mantenimiento en la empresa. Lo que presentó una menor puntuación fue la dificultad para aprender a manejar el sistema, lo que indica la necesidad de una capacitación y un periodo de práctica para manejar todas las funcionalidades del software. En este sentido, las opiniones receptadas serán consideradas para una segunda versión del software.

Como trabajos futuros se propone mejorar el sistema con base a las recomendaciones de los voluntarios y posteriormente evaluar el impacto del uso del sistema con todos los responsables de tareas de mantenimiento en la empresa Proquímica, considerando el progreso de la dirección y productividad de los equipos, disminución de gastos asociados a la reparación y mejora a la calidad de atención a los clientes de la empresa.

9. Recomendaciones

Para aplicar y evaluar el impacto del software, se recomienda al Departamento de Mantenimiento de la empresa Proquímica brindar una capacitación del software, en términos de cómo incluir este recurso de las tareas de mantenimiento, indicando tanto como programar un cronograma y como mantener actualizada la información en torno a los mantenimientos de los equipos. Esto aportará para llevar un control que evitará problemas con los clientes, garantizará el mantenimiento de los equipos y la generación de la documentación de respaldo.

REFERENCIAS

- [1].R. Mora and C. Alberto, “Desarrollo de una metodología de estructuración y seguimiento de equipos comerciales dedicados a la venta de medicina de laboratorio clínico en Ecuador,” QUITO/UIDE/2021, 2021.
- [2].Artedynamico, «QUE ES UNA CENTRÍFUGA», *Equipos y laboratorio de Colombia*. <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-es-una-centrifuga> (accedido 16 de junio de 2023).
- [3].«CENTRÍFUGA DIGITAL TOPSCIEN NEXTSPIN 24 TUBOS - 1524», *KendalImport*. <https://kendalimport.com.pe/productos/centrifuga-digital-topscien-nextspin-1524/> (accedido 10 de julio de 2023).
- [4].«Centrífuga de Laboratorio para separación de muestras» ARTILAB». <https://artilab.com.co/noticias/centrifuga-para-laboratorio/> (accedido 13 de julio de 2023).
- [5].«Microscopio – TP – Laboratorio Químico», 19 de julio de 2015. <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/microscopio.html> (accedido 16 de junio de 2023).
- [6].«¿Qué es un microscopio óptico?», *Cientec*, 2 de junio de 2021. <https://cientecinstrumentos.cl/que-es-un-microscopio-optico/> (accedido 16 de junio de 2023).
- [7].«TOPSCIEN INSTRUMENT (NING BO) CO.,LTD». <http://www.topscien.com/en/> (accedido 10 de julio de 2023).
- [8].Artedynamico, «BAÑO MARIA», *Equipos y laboratorio de Colombia*. <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/baNo-maria> (accedido 16 de junio de 2023).
- [9].Artedynamico, «BAÑO MARIA», *Equipos y laboratorio de Colombia*. <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/baNo-maria> (accedido 16 de junio de 2023).

- [10]. Artedynamico, «INCUBADORAS», Equipos y laboratorio de Colombia. <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/incubadoras> (accedido 20 de julio de 2023).
- [11]. «GP-B, GP-BE series - Incubadora de laboratorio by Huanghua Faithful Instrument Co.,LTD. | DirectIndustry». <https://www.directindustry.es/prod/huanghua-faithful-instrument-co-ltd/product-222464-2271863.html> (accedido 20 de julio de 2023).
- [12]. «¿Sabes qué son los hornos e incubadoras, y la variedad que existe?» https://viresa.com.mx/blog_hornos_incubadoras (accedido 20 de julio de 2023).
- [13]. R. Rodriguez, «La importancia del servicio, mantenimiento y calibración de equipos de laboratorio», *Rekner*, 22 de marzo de 2018. <http://rekner.com/la-importancia-del-servicio-mantenimiento-calibracion-equipos-laboratorio/> (accedido 3 de julio de 2023).
- [14]. mym instrumentos técnicos, «Importancia del mantenimiento en los equipos para laboratorio», *mym instrumentos tecnicos*, 16 de marzo de 2023. <https://www.myminstrumentostecnicos.com/equipos-de-laboratorio/importancia-del-mantenimiento-en-los-equipos-para-laboratorio/> (accedido 3 de julio de 2023).
- [15]. D. Vélez, “Mantenimiento correctivo y preventivo: las diferencias y los beneficios para su laboratorio –”, ReactLab, 06-abr-2020. [En línea]. Disponible en: <https://reactlab.com.ec/servicio-tecnico/mantenimiento-correctivo-y-preventivo-las-diferencias-y-los-beneficios-para-su-laboratorio/>. [Consultado: 16-jun-2023].
- [16]. T. P. L. A. O. del Titulo De: Ingeniero Mecanico, “UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE CUENCA”, Edu.ec. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/12/UPS-CT001680.pdf>. [Consultado: 16-jun-2023].
- [17]. Edu.ec. [Online]. Available: http://facultadciencias.esPOCH.edu.ec/img/descarga/plan_de_mantenimiento_de_equipos_.pdf. [Accessed: 13-Jul-2023].
- [18]. C. G. P. L. L. de Salud Pública, “SISTEMA DE GARANTÍA DE CALIDAD,” Paho.org. [Online]. Available:

<https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/40331/sistcalid-concepgals.pdf?sequence=1>. [Accessed: 13-Jul-2023].

- [19]. C. P. Quiroz-Flores, «La Gestión de Equipo Médico en los retos del Sistema Nacional de Salud: Una Revisión», *Rev. Mex. Ing. Bioméd.*, vol. 41, n.o 1, pp. 141-150, abr. 2020, doi: 10.17488/rmib.41.1.11.
- [20]. (World Health Organization. (2012). *Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos*. Organización Mundial de la Salud).
- [21]. (Cuzco, M. V., Villacrés-Parra, S., Gallegos-Londoño, C., & Negrete-Costales, H. (2019). *Evaluación de la gestión del mantenimiento en hospitales del instituto ecuatoriano de seguridad social de la zona 3 del Ecuador*. Ingenius. *Revista de Ciencia y Tecnología*, (22), 59-71.), (Ávila Cochancela, S. S., & Crespo Guillén, S. G. (2022). *Diseño plan de mantenimiento preventivo para equipos médicos del Hospital Santa Inés* (Bachelor's thesis).
- [22]. <https://www.facebook.com/ivandesouzacardoso>, «PHP: ¿qué es, para qué sirve y cuáles son sus características?», *Rock Content - ES*, 9 de marzo de 2020. <https://rockcontent.com/es/blog/php/> (accedido 3 de julio de 2023).
- [23]. «¿Qué es JavaScript? - Explicación de JavaScript (JS) - AWS», *Amazon Web Services, Inc.* <https://aws.amazon.com/es/what-is/javascript/> (accedido 3 de julio de 2023).
- [24]. «Qué es HTML», *DesarrolloWeb.com*. <https://desarrolloweb.com/articulos/que-es-html.html> (accedido 3 de julio de 2023).
- [25]. K. Sánchez, «Cómo Crear Una Página Web Con Visual Studio Code», *CCWEB*, 8 de septiembre de 2021. <https://www.comocrearunapaginaweb.com.mx/como-crear-una-pagina-web-con-visual-studio-code/> (accedido 3 de julio de 2023).
- [26]. «Qué es Visual Studio Code y qué ventajas ofrece | OpenWebinars». <https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/> (accedido 13 de julio de 2023).
- [27]. «Visual Studio Code». <https://docs.flutter.dev/tools/vs-code> (accedido 13 de julio de 2023).

- [28]. IY Comunicación, “FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA”, Edu.ec. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1612/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%20LOYA%20%20C3%91ATO%20DAR%20%20C3%8DO%20ROLANDO.pdf>. [Consultado: 16-jun-2023].
- [29]. (Hajesmaeel-Gohari, S., Khordastan, F., Fatehi, F., Samzadeh, H., & Bahaadinbeigy, K. (2022). The most used questionnaires for evaluating satisfaction, usability, acceptance, and quality outcomes of mobile health. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 22(1), 22.).
- [30]. (Villa-Parra, A. C., Criollo, I., Valadão, C., Silva, L., Coelho, Y., Lampier, L., ... & Bastos-Filho, T. (2022). Towards multimodal equipment to help in the diagnosis of COVID-19 using machine learning algorithms. *Sensors*, 22(12), 4341.).

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 21
Información básica de la empresa

Información básica de la empresa	Nombre:	Proquímica
	Dirección:	Tomas de Heres 1-88
	Número de teléfono:	072832916
	Correo electrónico:	proquimicavs@hotmail.com
	Representante legal:	Dr. Vicente Salas
Servicios que ofrecen	Productos	Laboratorio clínico
	Servicios	Compra/venta de equipos de laboratorio, mantenimiento, asesoría técnica y suministro de repuestos
Información regulatoria	Permisos:	Cuenta con todos los permisos para laborar al día
	Políticas de privacidad:	Firma del consentimiento informado, el cual el cliente lo hace de acuerdo con su voluntad sin ser obligados.
	Protección de datos:	Cuida y protege los datos de sus clientes, el mismo que cuenta con un encriptado de datos que brinda transparencia y seguridad a sus usuarios
Recursos Humanos	Programas de capacitación:	El personal recibe capacitaciones industriales, de seguridad, bioseguridad, mantenimiento de equipos a la vanguardia, mantenimiento clínico y Hospitalario, los mismos que permiten aportar nuevos conocimientos a los profesionales que laboran dentro de la empresa y se puede evidenciar que muchas veces esta información adquirida es transmitida a los clientes de diferentes áreas industriales, empresariales y del área de la salud

	Políticas:	Políticas de garantía de equipos de laboratorio clínico, devolución, reemplazo o reembolso en caso de falla del fabricante excluyendo el mal uso por parte del cliente
Marketing y comunicación	Catálogos	Catálogos digitales de los equipos que ofrecen este recurso
	Contenido digital	Página web para acceder a la información de los diferentes equipos

Fuente: [Autor]

Anexo 2

Tabla 22
Preguntas del cuestionario PSSUQ y sus escalas

		Mayor usabilidad			Neutral			Menor usabilidad
#	Pregunta	1	2	3	4	5	6	7
1	Estoy satisfecho/a con este sistema							
2	Fue simple usar este sistema							
3	Soy capaz de completar mi trabajo rápidamente utilizando este sistema							
4	Me sentí cómodo usando este sistema							
5	Fue fácil aprender a usar este sistema							
6	Creo que me volví experto rápidamente utilizando este sistema							
7	Creo que podría volverme productivo rápidamente usando este sistema							
8	El sistema dio mensajes de error que claramente me dijeron cómo solucionar problemas							

9	Cada vez que cometía un error al usar el sistema, podía recuperarme fácil y rápidamente							
10	La información (como ayuda en línea, mensajes en pantalla y otra documentación) proporcionada con este sistema fue clara							
11	Fue fácil encontrar la información que necesitaba							
12	La organización de la información del sistema en la pantalla fue clara							
13	La interfaz de este sistema era agradable							
14	El sistema tuvo todas las herramientas que esperaba que tuviera							
15	Este sistema tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga							
16	En general, estoy satisfecho con este sistema							

Fuente: [Autor]

Anexo 3

Acceso a los manuales de mantenimiento desarrollados con base a la experiencia del Departamento de Mantenimiento de la empresa Proquímica.

Para acceder a la información debe escanear el siguiente código QR.



Anexo 3.1. Portadas e índice de los manuales del equipo Baño María



PLAN DE MANTENIMIENTO

CORRECTIVO



BAÑO MARÍA

MARCA: FAITHFUL

Índice de contenidos

NOTAS DE SEGURIDAD	.....3-4
PROCEDIMIENTOS PARA INSPECCIÓN	.....5
RIESGO	.....6-7
FUNCIONAMIENTO	.....8-9
MANTENIMIENTO DIARIO	.....10-11
TIPOS DE BAÑO MARÍA	.....12
SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	.....13
HERRAMIENTAS NECESARIAS	.....14
PASOS DE MANTENIMIENTO	.....15
CONCLUSIONES	.....16
REFERENCIAS	.....17

PLAN DE MANTENIMIENTO

PREVENTIVO



BAÑO MARÍA

MARCA: FAITHFUL

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	.....	3
FUNCIÓN PRINCIPAL	.....	3
PROPÓSITO DEL BAÑO MARÍA	.....	4
CARACTERÍSTICAS	.....	5
COMPONENTES EXTERNOS E INTERNAS	.....	6-7
PASOS PARA INSTALACIÓN	.....	8
PASOS PARA REALIZAR EL PLAN PREVENTIVO	.....	9
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	.....	10
CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO	.....	11
CONCLUSIÓN	.....	12
REFERENCIAS	.....	13

Anexo 3.2 Portadas e índice de los manuales del equipo Incubadora

PLAN DE MANTENIMIENTO

PREDICTIVO



Incubadora

MARCA: FAITHFUL

ÍNDICE

DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA	3-4
INSTALACIÓN EN GENERAL	5
PASOS PARA INSTALAR EL EQUIPO	6-7
HERRAMIENTAS NECESARIAS	8
CAMBIO DE PIEZAS	9
COMPONENTES	10
CONCLUSIONES	11
REFERENCIAS	12

PLAN DE MANTENIMIENTO

CORRECTIVO



Incubadora

MARCA: FAITHFUL

Índice de contenidos

NOTAS DE SEGURIDAD	3-4
PROCEDIMIENTOS PARA INSPECCIÓN	5
RIESGO	6
FUNCIONAMIENTO	7
MANTENIMIENTO DIARIO	8
SOLUCIÓN DE INCUBADORA	9-10
SOLUCIÓN DE BAJA TEMPERATURA	11
HERRAMIENTAS NECESARIAS	12
PASOS DE MANTENIMIENTO	13
CONCLUSIONES	14
REFERENCIAS	15

PLAN DE MANTENIMIENTO

PREVENTIVO



Incubadora

MARCA: FAITHFUL

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
FUNCIÓN PRINCIPAL	3
PROPÓSITO DE LA CENTRÍFUGA EN UN LC	3
CARACTERÍSTICAS	4
COMPONENTES EXTERNOS	5
COMPONENTES INTERNOS	6
PASOS PARA INSTALACIÓN	7
PASOS PARA REALIZAR EL PLAN PREVENTIVO	8
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	9
CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO	10
CONCLUSIÓN	11
REFERENCIAS	12

Anexo 3.3. Portadas e índice de los manuales del equipo Microscopio



ÍNDICE

DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA	3
DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA DE LOS ELEMENTOS ÓPTICOS	4
INSTALACIÓN Y ALMACENAMIENTO	5-6-7
CUIDADOS ESPECIALES PARA CLIMAS CÁLIDOS.....	8
CUIDADOS ESPECIALES PARA CLIMAS HÚMEDOS	9
HERRAMIENTAS NECESARIAS	10
LIMPIEZA REGULAR	11
CAMBIO DE PIEZAS	12-13-14
COMPONENTES	15
CONCLUSIONES	16
REFERENCIAS	17



Índice de contenidos

NOTAS DE SEGURIDAD	3
PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN	4
RIESGO	5
FUNCIONAMIENTO	6
MANTENIMIENTO DIARIO	7
MANTENIMIENTO CADA MES	7
MANTENIMIENTO CADA SEIS MESES	7
SOLUCIÓN DE ILUMINACIÓN	8-9
SOLUCIÓN DE SISTEMA ÓPTICO	10-11
HERRAMIENTAS NECESARIAS	12
PASOS DE MANTENIMIENTO	13
CONCLUSIONES	14
REFERENCIAS	15

PLAN DE MANTENIMIENTO

— PREVENTIVO



Microscopio

MARCA: NOVEL

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
FUNCIÓN PRINCIPAL	4
CARACTERÍSTICAS	5
COMPONENTES	6
COMPONENTES	7
UBICACIÓN DEL EQUIPO	8
NOTAS DE SEGURIDAD	9
PASOS PARA INSTALACIÓN	10
PASOS PARA REALIZAR EL PLAN PREVENTIVO	11
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	12
CONCLUSIONES	13
REFERENCIAS	14

Anexo 3.4. Portadas e índice de los manuales del equipo Centrífuga



ÍNDICE

LIENADO DE TUBOS	_____	3
RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE	_____	4
CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD	_____	5
DIFERENTES NOTAS DE CENTRIFUGADO	_____	6
POSICIONAMIENTO CORRECTO DE LAS PIEZAS	_____	7
HERRAMIENTAS NECESARIAS	_____	8
VIDA ÚTIL DE LAS PIEZAS	_____	9 -10
CONCLUSIONES	_____	11
REFERENCIAS	_____	12



Índice de contenidos

NOTAS DE SEGURIDAD	.....	3
PROCEDIMIENTOS PARA INSPECCIÓN	.....	4
PROCEDIMIENTOS QUE ESTÁN PROHIBIDOS	.....	5
RIESGO RESIDUALES	.....	6
FUNCIONAMIENTO	.....	7
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRÍFUGA	.....	8
COMPONENTES INTERNOS	.....	9
CONJUNTO DEL ROTOR	.....	10
INSTALACION DEL ROTOR	.....	11
SOLUCION DE ROTORES	.....	12
SOLUCION DE TUBOS	.....	13
VARIAS SOLUCIONES	.....	14
HERRAMIENTAS NECESARIAS	.....	15
PASOS DE MANTENIMIENTO	.....	16-17
CONCLUSIONES	.....	18
REFERENCIAS	.....	19

PLAN DE MANTENIMIENTO

PREVENTIVO



Centrífuga

MARCA: TOPSCIEN

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
FUNCIÓN PRINCIPAL	3
PROPÓSITO DE LA CENTRÍFUGA	3
CARACTERÍSTICAS	4
COMPONENTES EXTERNOS	5
COMPONENTES INTERNOS	6
UBICACIÓN DEL EQUIPO	7
NOTAS DE SEGURIDAD	8
PASOS PARA INSTALACIÓN	9
PASOS PARA REALIZAR EL PLAN PREVENTIVO	10
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	11
CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO	12
EQUILIBRIO DE LA CENTRÍFUGA	13
CONCLUSIÓN	14
REFERENCIAS	15