

**Desarrollo de aplicación móvil para el registro y seguimiento de equipos biomédicos en la Clínica Colsubsidio Calle 100 por medio de Internet de las cosas.**

**Mónica Andrea Santafé Alfonso**

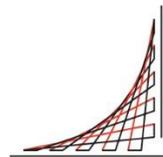
**Práctica Profesional**

**Tutor**

**MSc. Jefferson Sarmiento Rojas**



**Universidad del  
Rosario**



**ESCUELA  
COLOMBIANA  
DE INGENIERÍA  
JULIO GARAVITO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO  
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO  
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ D.C  
2020**

## INDICE

INDICE .....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETIVOS .....	11
2.1. Objetivo general .....	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
3. METODOLOGÍA .....	12
3.1. Fases del proyecto .....	13
3.1.1. PERIODO I.....	14
3.1.1.1. Planificación.....	15
3.1.2. PERIODO II.....	17
3.1.2.1. Planificación.....	17
3.1.2.2. Análisis de riesgos .....	17
3.1.2.3. Ingeniería.....	18
3.1.2.4. Evaluación .....	20
3.1.3. PERIODO I.....	20
3.1.3.1. Planificación.....	20
3.1.3.2. Implementación.....	20
3.1.3.3. Análisis de riesgo.....	22
3.1.3.4. Evaluación .....	22
4. RESULTADOS .....	24
4.1.PERIODO I.....	24
4.1.1. Planificación .....	24
4.2. PERIODO II.....	25
4.2.1. Planificación .....	25
4.2.2. Ingeniería .....	26
4.2.2.1. Ingeniería: Personal de ingeniería biomédica.....	30
4.2.2.2. Ingeniería: Personal asistencial.....	34
4.2.3. Análisis de riesgos.....	35
4.2.4. Evaluación .....	37
4.3. PERIODO III.....	37
4.3.1. Planificación .....	37
4.3.2. Análisis de riesgos.....	38
4.3.3. Implementación .....	38
4.3.4. Evaluación.....	39

5. DISCUSIÓN.....	40
6. TRABAJOS FUTUROS Y RECOMENDACIONES.....	42
7. CONCLUSIONES.....	43
8. REFERENCIAS.....	44
9. ANEXOS.....	47

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de grado representa la culminación de un camino de nueve semestres, en el que personas importantes de mi vida personal y profesional han intervenido de manera positiva, constructiva e inspiradora. Por esta razón, deseo expresar mis sinceros agradecimientos en primer lugar a Dios, quién me ha bendecido con el don de la vida, la fortaleza, maravillosas oportunidades y la presencia de aquellas personas que me han brindado su soporte y comprensión.

Quiero agradecer a las instituciones Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y a la Universidad del Rosario y a sus profesores por la formación personal y académica. En especial, quiero extender mis agradecimientos al profesor Néstor Flórez, Daniel Quiroga y Pedro Aya por preocuparse por el aprendizaje de sus estudiantes. Agradeceré a mi tutor y profesor Jefferson Sarmiento, quien me orientó durante todo el proceso de desarrollo del proyecto con sus conocimientos y consejos. Su apoyo, disponibilidad, colaboración y confianza en mi trabajo y en mi formación, fueron más que suficientes para lograr buenos resultados, por esta y muchas más razones estoy infinitamente agradecida.

Quiero expresar mi gratitud también a la Clínica Colsubsidio Calle 100 y a su personal por permitirme realizar las prácticas empresariales en el mejor ambiente, dando inicio a mi vida laboral. Gracias al equipo de soporte biomédico, especialmente a Óscar Velandia y Yuliana España por estar dispuestos a compartir su amplio conocimiento y por las experiencias vividas. Gracias a la ingeniera Ximena Malpica por realizar las retroalimentaciones pertinentes al proyecto y a mi progreso laboral, también por ayudarme a mejorar mis habilidades y por ser una excelente líder. Afirmo con certeza que son personas admirables debido a su manera de resolver problemas, capacidad de trabajar en equipo, perseverancia, incondicional ayuda y compromiso en la institución.

De igual forma, deseo agradecer a mis hermanos y demás familia por brindarme su especial apoyo y por permanecer atentos. Quiero mencionar a mis padres Gonzalo y María Isabel, mi inspiración, quiénes a pesar de la distancia me dieron ánimos, palabras de apoyo y confianza y expresaron su amor. Gracias a ellos y a su formación y educación, soy la persona quién soy ahora.

En el camino de la carrera encontré personas como Laura, Yessica, Valeria, Sergio, Álvaro y Karen. Con ellos logré vivir muchas experiencias que antes no había vivido y tengo recuerdos que jamás se borrarán de mi memoria. En algunos momentos tuvimos objetivos comunes, lo que nos permitió estar aquí, próximos a recibir el título como ingenieros biomédicos. Les deseo todo lo mejor en sus vidas y espero seguir compartiendo mi vida con ellos, pues son como mi segunda familia. Gracias a Diego por su confianza, cariño, compañía, respaldo, y por sus mensajes de aliento en momentos difíciles; no tengo palabras para agradecer por el apoyo brindado en las decisiones que tomé y por sus sabios consejos.

Muchas gracias a todos los que depositaron su confianza en mí, por su ayuda a lograr mi título como ingeniera biomédica.

## RESUMEN

**Introducción:** El Internet de las cosas (IoT) consiste en la interconexión de objetos de la vida cotidiana mediante la combinación de dispositivos y su conexión con protocolos de internet. La evolución del IoT ha permitido generar soluciones en agricultura, salud, manufactura, entretenimiento, tecnología, transporte, consumo e infraestructura. En la salud, el IoT ha sido utilizado en el monitoreo de parámetros de la salud en pacientes, en la gestión documental y dotacional, y en la supervisión de fármacos, muestras, mantenimiento de equipos y el bienestar del paciente.

Clínica Colsubsidio Calle 100 es una institución de alta complejidad que ofrece los servicios de cirugía cardiovascular, neurocirugía, cirugía de reemplazos articulares, hemodinamia, laboratorio clínico, electrofisiología, unidad de cuidado intensivo e intermedio, hospitalización adulto y servicio de apoyo diagnóstico. El departamento de ingeniería Biomédica consta de cuatro personas: el ingeniero biomédico encargado de las operaciones administrativas, dos técnicos o ingenieros de soporte biomédico y un practicante de noveno semestre. El grupo debe gestionar y controlar la cantidad de equipos biomédicos instalados en los servicios mediante la actualización frecuente de la información contenida en un inventario. El desplazamiento de los equipos médicos entre servicios y habitaciones es recurrente, y el registro de estos movimientos no es usual, por lo que hay inconvenientes para localizar un equipo biomédico. Por tal razón, el presente documento presenta el desarrollo de una aplicación móvil a través de IoT, que permite el control y gestión de la información de equipos biomédicos con mayor frecuencia de traslado en la institución.

**Objetivo:** El objetivo de este proyecto es crear una aplicación móvil por medio de IoT para la gestión y localización de equipos médicos identificados con serial y cuyos desplazamientos se realizan con mayor frecuencia en la Clínica Colsubsidio Calle 100. Se busca generar una base de datos que contenga serial, nombre de equipo, marca, modelo, placa, ubicación asignada y ubicación actual de los equipos biomédicos para ser consultada o modificada posteriormente.

**Metodología:** La ejecución del proyecto se organizó mediante un cronograma de tareas y actividades de planificación, análisis de riesgos, ingeniería, implementación y evaluación asignadas en tres partes. De esta manera, se logró plantear la problemática, generar ideas, desarrollar la solución planteada con base a los requerimientos funcionales y no funcionales y finalmente, implementar pruebas de experiencia de usuario y usabilidad. Finalmente, se realizó la sustentación del proyecto ante el tutor y los jurados.

**Resultados:** En la sección de resultados se creó una base de datos que contuvo la información de monitores de signos vitales, monitores multiparámetros, ventiladores mecánicos y bombas de infusión. También, fue creada una aplicación móvil basada en los requerimientos funcionales y no funcionales obtenidos, en la que se logró crear, visualizar y actualizar los datos de los correspondientes equipos biomédicos. Finalmente, fue implementado un cuestionario de experiencia de usuario y usabilidad para analizar el impacto en la institución.

**Conclusión:** Se diseñó y desarrolló la aplicación móvil “Serial App” para la gestión del inventario de equipos biomédicos, registro de la información vital y de la localización actual y asignada. En la base de datos creada se incluyeron los equipos biomédicos con serial y

que poseen mayor frecuencia de traslado en la institución. A partir de los resultados de las pruebas de experiencia de usuario y usabilidad, se comprobó el impacto positivo de la aplicación en los usuarios y se acogieron las sugerencias y comentarios para mejorar la funcionalidad del proyecto en un futuro.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología de modelo de software. Modelo en espiral adaptado de [14].	13
Figura 2. Periodos que conforman el modelo en espiral utilizado en la metodología.	14
Figura 3. Arquitectura del sistema IoT.	16
Figura 4. Vista del programador.	18
Figura 5. Entorno de programación: Herramienta de bloques de My App Inventor.	19
Figura 6. Sincronización de herramienta AI Companion y teléfono móvil.	19
Figura 7. Entorno visual de Firebase Realtime Database	22
Figura 8. Cuestionario de usabilidad y experiencia de usuario de aplicación móvil. Adaptado de [30].	23
Figura 9. Puntuación general de la escala de usabilidad del sistema. Adaptado de [37].	23
Figura 10. Diagrama de procesos de diseño y desarrollo de aplicación móvil.	25
Figura 11. Primer prototipo de escáner y gestión de datos.	26
Figura 12. Prototipo para a) escáner/registro de datos y b) consulta de información con Firebase.	27
Figura 13. Proceso de ingreso de datos a Firebase a través de la aplicación móvil.	27
Figura 14. Proceso de consulta de datos a Firebase a través de la aplicación móvil.	28
Figura 15. Prototipo a) Inicio de la aplicación móvil. b) Ventana de registro. c) Ventana de inicio de sesión	28
Figura 16. Diseño final a) Inicio de la aplicación móvil. b) Ventana de registro de usuario. c) Ventana de inicio de sesión.	29
Figura 17. Prototipo acceso a la información según el cargo seleccionado.	29
Figura 18. Tipos de menú para agregar a) bombas de infusión y b) monitores de signos vitales, monitores multiparámetros y ventiladores mecánicos.	30
Figura 19. Tipos de menú creados para agregar bombas de infusión según número de equipos presentes en una estación de acoplamiento o RACK: a) una bomba de infusión, b) dos bombas de infusión, c) cuatro bombas de infusión.	31
Figura 20. Código de colores para los servicios de la institución.	32
Figura 21. Casos en el que a) la ubicación asignada y ubicación actual sean diferentes y b) la ubicación asignada y ubicación actual sean iguales.	32
Figura 22. Ventana de consulta de equipos para el personal de ingeniería biomédica.	33
Figura 23. Ejemplo de consulta de equipos biomédicos disponible para personal de ingeniería biomédica a) Diferente a bomba de infusión b) Bomba de infusión y c) Opción de edición.	33
Figura 24. Ventana para la actualización de la ubicación de los equipos biomédicos por parte del personal asistencial.	34
Figura 25. Ejemplo de consulta de equipos biomédicos para personal asistencial a) Diferente a bomba de infusión b) Bomba de infusión y c) Opción de edición de información.	35
Figura 26. Muestra de programación efectuada para el sistema de encriptación.	35
Figura 27. Ejemplo de a) encriptación y b) desencriptación de contraseñas en aplicación móvil durante el registro de usuario e inicio de sesión.	36

Figura 28. Sistema de habilitación de un usuario desde Firebase. a) Usuario inhabilitado b) Usuario habilitado .....	37
Figura 29. Programación de visitas para el registro de equipos biomédicos en septiembre. ....	37
Figura 30. Programación de visitas para el registro de equipos biomédicos en octubre... ..	38
Figura 31. Resultados de cuestionario de usabilidad y experiencia de usuario. ....	39

### **LISTA DE TABLAS**

Tabla I. Ejemplo de información contenida en archivo de inventario de la institución.....	12
Tabla II. Matriz de selección de equipos médicos para aplicación del proyecto. ....	15

### **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Diagrama de Gantt delimitado por actividades.....	47
Anexo 2. Acceso a guía de uso para el personal de ingeniería biomédica.....	48
Anexo 3. Acceso a guía de uso para el personal asistencial.....	52

## 1. INTRODUCCIÓN

El Internet de las cosas (IoT) se define como la interconexión de objetos de la vida cotidiana a través de la integración de dispositivos y su conexión con protocolos de comunicación [1]. La idea de conexión entre dispositivos ha permanecido desde la década de los años 70, gracias a la aparición de internet y computación. A principio de los años 80, una máquina de Coca-Cola con internet fue instalada en la Universidad Carnegie Mellon, con el propósito de verificar el estado del aparato y de las bebidas [2]. Posteriormente, Kevin Ashton, mencionó el término 'Internet de las Cosas' (IoT, por sus siglas en inglés) en una presentación al público pretendiendo incluir la tendencia del internet a sus productos, lo cual convirtió el IoT en un nuevo concepto [2]. Desde entonces, el IoT ha evolucionado debido a los dispositivos portátiles, sistemas microelectromecánicos, microsistemas e Internet [2], estos desarrollos han permitido implementar soluciones de IoT en múltiples sectores industriales como lo son la agricultura, salud, manufactura, entretenimiento, tecnología, transporte y en otros campos relacionados a aplicaciones de consumo e infraestructura [3] [4].

En el ámbito de la salud, el paradigma de IoT ha sido utilizado para permitir el monitoreo constante de parámetros de salud que contribuyen en el diagnóstico, tratamiento de enfermedades y seguimiento de pacientes [4] [5]. Sin embargo, el concepto de IoT se ha implementado con el propósito de apoyar el trabajo del personal de la salud e incluso, contribuir en la gestión documental y dotacional de instituciones prestadoras de salud (IPS) [5], por ejemplo, ha sido enfocado en la supervisión de muestras y fluidos de origen humano, fármacos, mantenimiento de equipos y bienestar general del paciente [4]. Por otra parte, el concepto de IoT puede proporcionarles a los hospitales, clínicas y centros de salud mejoras en la gestión del inventario de equipos de tratamiento, diagnóstico y monitoreo e insumos médicos especializados, pues en áreas como la farmacia y almacenes, el manejo de este tipo de información es crucial, además, puede involucrarse la gestión de activos con el fin de rastrear y localizar equipos y dispositivos médicos disponibles en el menor tiempo posible [4].

La Caja Colombiana de Subsidio Familiar Colsubsidio es una corporación de derecho privado sin ánimo de lucro perteneciente al Sistema del Subsidio Familiar y al Sistema de Protección y Seguridad Social Colombiano, la cual plantea como misión generar oportunidades cerrar la brecha social [6]. Fue creada en 1957 en Bogotá y en la actualidad cuenta con un amplio portafolio de servicios sociales, entre los que se encuentra salud, comercio, vivienda, turismo, crédito social, recreación, cultura, educación, protección social, alimentos y bebidas [6]. En cuanto a la prestación de salud, Colsubsidio cuenta con distintas sedes las cuales incluyen la Clínica Calle 100, Clínica Infantil, Clínica Ciudad Roma, Clínica El Lago, Centro de Especialistas Calle 63, Clínica 94 y Clínica Calle 127 [7].

Clínica Colsubsidio Calle 100 es una institución de alta complejidad, preocupada por la calidad en la atención a los pacientes [8]. Ofrece los servicios de cirugía, hospitalización, hemodinamia e intervencionismo, laboratorio clínico y hospitalización paciente crónico, por consiguiente, cuenta con salas de cirugía dotadas de equipos biomédicos de alta tecnología para realizar procedimientos e intervenciones como cirugía cardiovascular, neurocirugía, cirugía de reemplazos articulares (cadera, rodilla, hombro); hospitalización de tercer nivel de complejidad con habitaciones individuales y personales; sala de hemodinamia con procedimientos como cateterismo y angioplastia; electrofisiología para llevar a cabo operaciones como aislamiento de venas pulmonares, implante de

cardiodesfibriladores, implante de marcapasos, cardioversiones y ablaciones convencionales; laboratorio clínico cuya finalidad es la toma y recepción de muestras de origen humano; unidades de cuidado intensivo e intermedio; y por último, servicio de apoyo de diagnóstico como radiología e imágenes diagnósticas [8].

El departamento de ingeniería Biomédica en la clínica se conforma por cuatro personas: el ingeniero encargado de las operaciones administrativas, dos técnicos o ingenieros de soporte biomédico y un practicante de noveno semestre de ingeniería biomédica. Las funciones que desempeña el practicante están relacionadas con apoyar las actividades administrativas y técnicas. Las actividades técnicas corresponden al conocimiento de la operación de los equipos y su función en los servicios a fin de ejecutar procesos de mantenimiento preventivo y correctivo, y de rutinas de validación del funcionamiento correcto de los equipos médicos. En cuanto a las actividades administrativas, el practicante se ocupa del apoyo y seguimiento al cronograma de mantenimiento, acompañamiento a proveedores, capacitaciones, apoyo al ingeniero biomédico encargado y manejo del software de apoyo destinado al archivo de la información. El archivo de la información referente a las hojas de vida, remisiones y reportes de mantenimientos son almacenados en el software de apoyo SAP, cuyas siglas en inglés son Systems, Applications, and Products in Data Processing. A través del software, es posible crear y almacenar una gran cantidad de datos de una manera organizada [9].

El departamento de ingeniería Biomédica gestiona y controla la totalidad de equipos biomédicos instalados en los servicios que se ofrecen en la institución por lo cual, una de las funciones fundamentales es generar y administrar el inventario de 860 equipos médicos hasta la fecha. El correcto manejo del inventario de los equipos adquiridos en una institución garantiza un sistema eficaz de gestión de tecnologías en salud, ya que permite disminuir los tiempos de búsqueda, reducir costos, generar cronogramas de mantenimiento preventivo y calibración basados en la prioridad de la tecnología y, asimismo, posibilita la selección oportuna de equipos para dirigirlos a un servicio, la enumeración de los accesorios y repuestos, la consulta de información asociada a un equipo, entre otros [10]. El inventario debe ser actualizado frecuentemente y por lo general, la correspondiente actualización se desempeña durante la adquisición de un nuevo equipo biomédico, cuando es necesario editar, agregar o eliminar información y también, en una etapa posterior a las auditorías del inventario [10]. La adquisición de tecnología biomédica es un conjunto de actividades que incluyen la planificación y previsión, identificación de necesidades, identificación de proveedores y solicitud de ofertas, evaluación de las ofertas, revisión y adjudicación de contratos, contratación y todas las fases de la administración del contrato hasta la entrega de las mercancías, el final de un contrato, o la vida útil de un activo [11]. La función principal es permitir la obtención de equipos médicos y dispositivos solicitados mediante las modalidades de compra directa de bienes o servicios, donaciones, alquiler o renta, contratación, entre otras; al tener conocimiento sobre la modalidad de adquisición, es posible determinar el responsable de mantenimientos preventivos y correctivos [11].

Durante la fase de reconocimiento de la institución se determinó que el desplazamiento de los equipos médicos entre servicios y habitaciones es recurrente, mientras que la actualización de la ubicación de los equipos médicos es atípica, lo que no permite su rápida localización en los servicios de la institución; en ocasiones, el personal del departamento de ingeniería biomédica procede a la búsqueda de los equipos médicos extraviados en los servicios de hospitalización y unidad de cuidado intensivo e intermedio, por lo cual, se hace recorrido en aproximadamente cinco pisos en un tiempo que podría extenderse a horas. La principal causa de traslado consiste en el fallo funcional de los

equipos biomédicos instalados, por lo que se requiere un reemplazo por otro equipo operacional, funcional y disponible. Localizar instantáneamente los equipos médicos es crucial, a fin de planificar actividades de mantenimiento preventivo o calibraciones en donde se sustituyan equipos médicos y también, con el propósito de validar la cantidad de equipos biomédicos instalados en un servicio, actividad que se realiza durante las rutinas semanales o diarias, para cumplir con los requisitos de dotación instaurados en las condiciones de habilitación de la Resolución 3100 de 2019 [12]. Además, existen dificultades para acceder a la información perteneciente a los equipos médicos, pues únicamente se cuenta con dos ordenadores que contienen el inventario, cuya ubicación es el área de biomédica. La base de datos del inventario usualmente es implementada para diligenciar formularios de actividades, reportes de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo, gestión de hojas de vida, etc., por lo cual, la aplicación móvil podría ser una herramienta útil para la visualización de la información requerida.

Por consiguiente, el presente proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación móvil a través de IoT, que involucre una base de datos de los equipos biomédicos con movilidad constante entre los servicios, los cuales corresponden a monitores de signos vitales, monitores multiparámetros, bombas de infusión y ventiladores mecánicos, favoreciendo el acceso, registro y actualización de la información incluida en el inventario.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Diseñar una aplicación móvil por medio de Internet de las cosas para la gestión y localización de equipos médicos identificados con número de serie y cuyos desplazamientos se realizan con mayor frecuencia en la Clínica Colsubsidio Calle 100.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación con el propósito de facilitar el planteamiento del diseño.
- Identificar los equipos médicos establecidos por número de serie con mayor frecuencia de movilidad y, asimismo, reconocer el personal asistencial encargado de su manejo.
- Crear un sistema de información que posibilite la organización de la información vital de los equipos médicos, para ser posteriormente consultada o modificada mediante un lector de código serial incluido en la aplicación móvil.
- Incorporar un sistema de ubicación básico en la aplicación móvil, con el fin de localizar los equipos objeto de estudio.
- Realizar pruebas de usabilidad y experiencia de usuario posterior a la presentación de la aplicación al personal de la institución

### 3. METODOLOGÍA

En la Clínica Colsubsidio Calle 100, se cuenta con un manejo del inventario contenido en un archivo tipo Excel denominado “CRONOGRAMA CLÍNICA CALLE 100 2020”, sin embargo, utilizando este archivo se generan algunas limitaciones en cuanto al acceso al archivo, debido a que se encuentra disponible en dos ordenadores dentro de la clínica, cuya ubicación es el área de mantenimiento biomédico. El inventario de equipos biomédicos es de vital importancia, puesto que usualmente es implementado para diligenciar formularios de actividades, reportes de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo; gestionar de hojas de vida.

La información contenida en el archivo tipo Excel corresponde a: Nombre del equipo, marca, modelo, número de serie, placa, ubicación, servicio asignado, complejidad y otros datos concernientes a las actividades de mantenimiento. En la Tabla I se especifica mediante un ejemplo la forma de almacenamiento de los datos de los equipos biomédicos en la institución. El número de serie corresponde al número que proporciona el proveedor y la placa es un código asignado por la institución mediante el cual se elabora el inventario, aunque, éste último no se encuentra presente en todos los equipos, a causa de la modalidad de adquisición: comodato o alquiler o incluso, pérdida de la etiqueta. Los equipos en comodato se refieren a los equipos que son propiedad de algún proveedor que presta el equipo con la condición de que la institución use todos los consumibles de la misma marca del proveedor; el propietario debe garantizar actividades como mantenimiento preventivo, calibración y repuestos.

*Tabla I. Ejemplo de información contenida en archivo de inventario de la institución*

<b>Nombre</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Serie</b>	<b>Placa</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Servicio</b>	<b>Clasificación de riesgo</b>
Monitor de signos vitales	Monitor-Marca	Modelo	1234	0001	Hospitalización	Internación	IIA

En la Institución se evidenció que la mayoría de los equipos biomédicos entregados e instalados al servicio, son trasladados entre pisos e inclusive, entre los servicios. La causa principal de movimiento de equipos biomédicos es su fallo o daño mientras se encuentran operando en alguno de los servicios de la institución, por lo tanto, el personal asistencial reporta el caso, comunicando que se requiere reemplazar el equipo por un equipo biomédico operacional, funcional y disponible. En otras ocasiones el traslado de los equipos se relaciona con actividades como mantenimientos preventivos o calibraciones o incluso, se debe a reasignación de las ubicaciones de los equipos médicos por parte del departamento de Ingeniería Biomédica. Tras ocurrir los traslados sin previo o posterior aviso, se invierte mayor tiempo en la localización de los equipos biomédicos, y de igual forma, se originan inconsistencias con respecto al archivo del inventario, pues durante las rutinas semanales o diarias se confirma que la cantidad de equipos biomédicos instalados en el servicio no coincide con la información inscrita en el inventario y a consecuencia de lo anterior, se debe programar la búsqueda a fin de actualizar el documento del inventario.

En este trabajo, se diseñó una aplicación móvil que facilita el registro, consulta y edición de información relevante en tiempo real de los equipos médicos, mediante la cámara de celular utilizada como lector de código de barras lo cual fue una herramienta útil

para la visualización de los datos. La información relevante contenida en la base de datos incluyó el nombre asociado al equipo, marca, modelo, serie, ubicación asignada al equipo biomédico por parte del personal de ingeniería biomédica y, por último, ubicación actual del equipo médico dentro de la Clínica Colsubsidio Calle 100.

Debido a la emergencia sanitaria por coronavirus (COVID-19) y a la limitación en cuanto a la obtención de los componentes requeridos para realizar un monitoreo y rastreo en tiempo real de los equipos, inicialmente, la información relacionada con la ubicación se registró manualmente por parte del operador o personal asistencial que se encargue de la movilización del equipo médico, sin embargo, se espera que en trabajos futuros existan mejoras tecnológicas en cuanto a la localización.

### 3.1. Fases del proyecto

El proyecto fue realizado en un término de 20 semanas, y al principio de este periodo, se estableció un diagrama de Gantt (Anexo 1) bajo el cual se plantearon y cumplieron las actividades y tareas propuestas en cada una de las etapas declaradas por el modelo de espiral según los requerimientos funcionales y no funcionales recolectados. La duración de las tareas de la metodología implementada fue expuesta en Anexo 1, el cual incluye el desarrollo de la aplicación móvil, el modo de implementación en la institución y el diseño y empleo de las pruebas de usabilidad y experiencia de usuario tras manejar la aplicación móvil.

El modelo espiral surge como un modelo de producción de software que se enfoca en analizar los riesgos y controles en cada etapa planificada [13]. El modelo consiste en iteraciones sucesivas en las que se ejecutan tareas generales que se amplían conforme se cubren las demás etapas; de esta manera, las actividades dependen de habilidades y conocimientos obtenidos en fases previas causando un incremento en la calidad del software [13]. En la Figura 1 se observa el diagrama del modelo en estudio. Las etapas que se definirán en las actividades son: Planificación, Análisis de Riesgo, Ingeniería, Implementación y Evaluación.

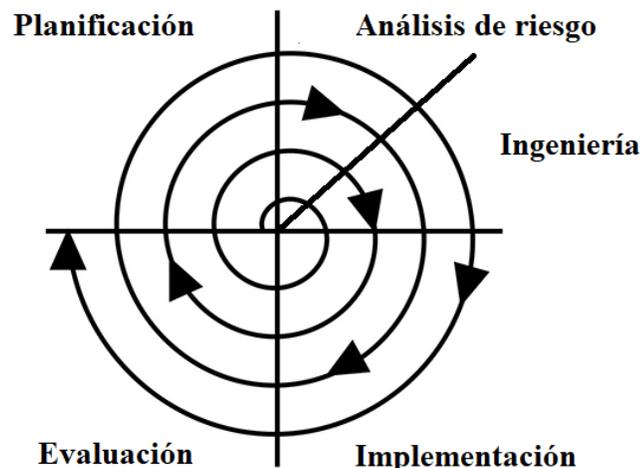


Figura 1. Metodología de modelo de software. Modelo en espiral adaptado de [14].

- **Planificación:** Incluye el planteamiento de objetivos, límites y condiciones de desarrollo, economía y tiempo y alternativas de solución. En esta etapa se predice la duración de las actividades y los recursos que pueden requerirse alternativas. Finalmente, durante esta etapa se determinan los requerimientos de la interfaz gráfica y el software, a fin de desarrollarlos a través de los objetivos establecidos [13].
- **Análisis de Riesgo:** Desarrollo de un plan para identificación de factores de riesgo importantes para generar soluciones y así, planificar contingencias [13].
- **Ingeniería:** Desarrollo del producto o prototipo según las condiciones de las etapas previamente descritas [13].
- **Implementación:** Corresponde a la etapa de aplicación del producto en el área destinada, que permite realizar pruebas para obtener resultados relevantes [13].
- **Evaluación:** Consiste en evaluar los resultados del software para verificar y validar. Esta etapa es esencial para ejecutar el cuestionario de usabilidad y experiencias de usuario tras implementar el producto para generar conclusiones, aspectos de mejora y trabajos futuros a través de un análisis de datos. En esta última etapa se determina si es necesario realizar una nueva iteración [13].

Ya que este modelo es cíclico, cada una de las fases puede ser repetida al dividir la metodología en partes, las cuales se conforman por conjuntos de actividades que serán especificados seguidamente. En la Figura 2 puede visualizarse el modo en que fueron distribuidas las etapas de la metodología de modelo en espiral en tres periodos.

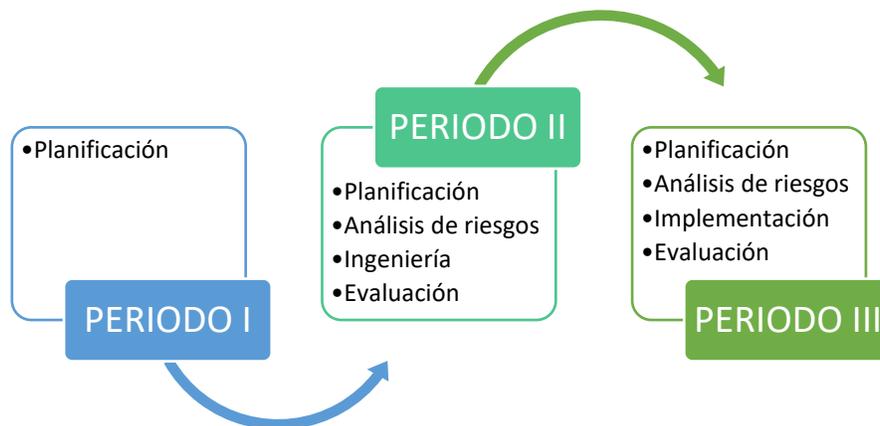


Figura 2. Periodos que conforman el modelo en espiral utilizado en la metodología.

### 3.1.1. PERIODO I

*Actividades incluidas:*

- *Exploración de problemáticas*
- *Elección de problemática a abordar*
- *Creación de título y objetivos*
- *Presentación de idea al comité*
- *Recolección de requerimientos funcionales y no funcionales*

- *Definición de plan de trabajo*
- *Validación del inventario*
- *Planteamiento de arquitectura de la solución*

Este periodo incluye el planteamiento del problema junto con la solución propuesta. Inicialmente se buscó identificar los problemas principales vigentes en la institución a través de la exploración, para posteriormente seleccionar la problemática a abordar, generar una solución y finalmente, conseguir aprobación para comenzar con la ejecución del plan. Posteriormente, se recolectan los requerimientos funcionales y no funcionales, lo cual conlleva a definir los objetivos del proyecto y el plan de desarrollo.

### 3.1.1.1. Planificación

En la Clínica Colsubsidio Calle 100 existen 860 equipos registrados en el inventario. El derecho de la edición del archivo lo tiene el departamento de ingeniería biomédica. Con el propósito de determinar la población objetivo, es decir, segmentar los equipos biomédicos a los que se implementaría la aplicación software, se diseñó la matriz de selección expuesta en la Tabla II, donde se eligieron los siguientes equipos biomédicos: monitor de signos vitales, cama hospitalaria, flujómetro, monitor multiparámetros, bomba de infusión (equipo comodato), fonendoscopio y ventilador mecánico. Los criterios correspondieron a frecuencia de movilidad, serial visible con código de barras y placa de inventario, a los cuales se les asignó un nivel de prioridad, siendo los dos primeros los criterios más importantes. Bajo estos criterios, se hizo la ponderación utilizando una escala de Likert siendo 1 el nivel con menor impacto y 5 el nivel con mayor impacto [15]. Los puntajes de las alternativas fueron calculados a través de la sumatoria de los productos de cada nivel de prioridad de los criterios de selección por cada ponderación de los equipos biomédicos. Los equipos médicos con mayor puntaje fueron: monitor de signos vitales, monitor multiparámetros, bomba de infusión y ventilador mecánico.

Tabla II. Matriz de selección de equipos médicos para aplicación del proyecto.

MATRIZ DE SELECCIÓN CON PUNTAJES				
Alternativas	Criterio de selección			
	Frecuencia de movilidad (3)	Serial visible/Código de barras (3)	Placa (1)	Puntaje
MONITOR SIGNOS VITALES	5	5	5	↑ 35
CAMA	5	2,5	5	↑ 27,5
FLUJOMETRO	5	2,5	2,5	→ 25
MONITOR MULTIPARAMETROS	5	5	5	↑ 35
BOMBA DE INFUSION	5	5	0	↑ 30
FONENDOSCOPIO	3	1	0	↓ 12
VENTILADOR MECANICO	5	5	5	↑ 35

Una arquitectura en IoT, representa la relación entre los componentes de la solución, así como elementos de hardware, protocolos de comunicación y la interacción del sistema con el software [16]. A través de una arquitectura, se garantiza la conexión permanente a Internet en los dispositivos y el uso de copias de seguridad en caso de fallas de red en el sistema, además, se requiere que la gestión de dispositivos sea global e incluyente [16] [17]. Adicionalmente, se realiza

el manejo pertinente de la información al permitir la recolección y análisis de datos [16]. Otro aspecto primordial en una arquitectura de IoT está relacionado con establecer procedimientos para la toma de decisiones mediante la gestión de la información [16]. En el diseño de la solución se deben incluir opciones de configuración, envío, actualización, búsqueda, reporte de fallas, registro y eliminación de información y/o dispositivos teniendo en cuenta la seguridad para mantener la confidencialidad [16] [17].

El diseño de la solución se compone de un modelo de cuatro capas. Según la Figura 3, la primera capa corresponde a la percepción, donde se encuentran las cosas (entidades u objetos) encargados de recolectar datos del exterior por medio de redes de sensores u otros objetos [16] [18]; la capa de red en donde se exponen los dispositivos responsables de la transferencia de información por redes inalámbricas o cableadas a partir de los protocolos HTTP, MQTT, entre otros; la capa de recursos y servicios, tiene relación con el almacenamiento de los datos en la nube y servicios locales e incluye las aplicaciones responsables de la interacción eficiente entre el cliente y el almacenamiento siendo adaptable a todo tipo de dispositivos móviles; y por último, se encuentra la etapa de aplicación, la cual expone el área de implementación de la arquitectura, es decir, la institución en mención [18].

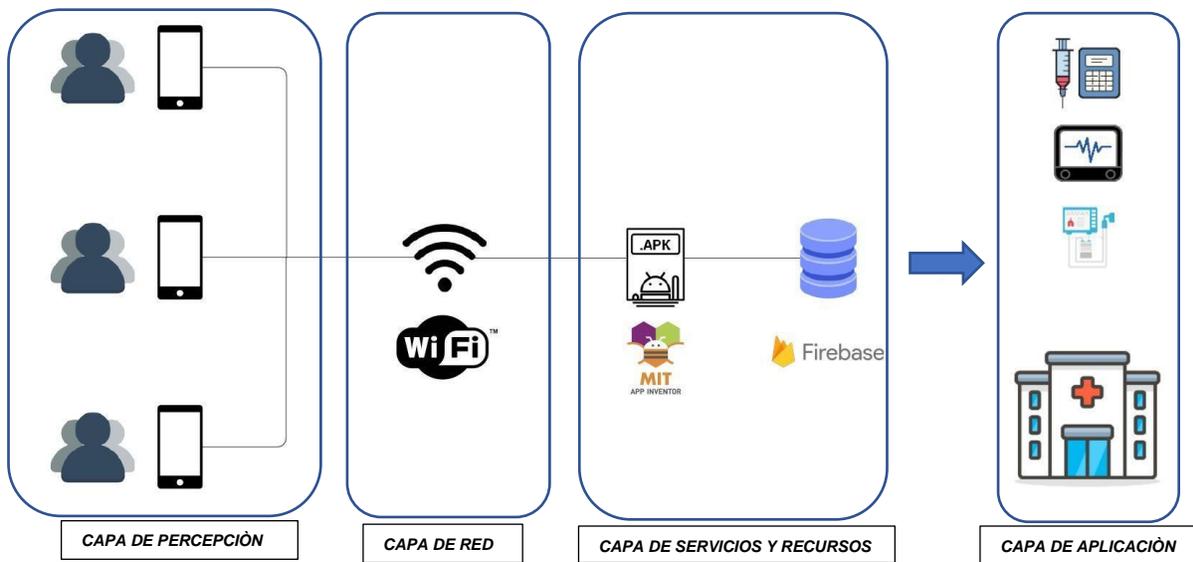


Figura 3. Arquitectura del sistema IoT.

En IoT, los dispositivos o nodos pueden organizarse en 3 tipos de categorías según su distribución: centralizada, descentralizada y distribuida [19]. Las conexiones de IoT distribuidas permiten a los nodos actuar de manera independiente mientras se conectan entre sí, por lo tanto, requieren de almacenamiento suficiente y gran potencia de procesamiento [19]. En una red descentralizada, los nodos se agrupan en redes más pequeñas con los nodos más grandes que corresponden al punto de procesamiento central y, por último, una red centralizada posee una plataforma o servidor central que se encarga de administrar los nodos de toda la red ya que recibe información de dispositivos y la transmite a otros [19]. El sistema que se desarrolló en el proyecto corresponde a una red distribuida, pues no presenta un dispositivo intermediario que gestione la

transmisión de datos, de hecho, el envío de la información se hace directamente desde el cliente al servidor y recíprocamente.

### **3.1.2. PERIODO II**

*Actividades incluidas:*

- *Capacitación de uso de plataforma My App Inventor.*
- *Desarrollo de la aplicación móvil*

La segunda parte se compone las etapas de planificación, análisis de riesgo, ingeniería y, por último, evaluación.

#### **3.1.2.1. Planificación**

Tras revisar los requerimientos funcionales y no funcionales y al realizar las capacitaciones pertinentes a la plataforma de programación, se procedió a diseñar la capa de servicios y recursos de la arquitectura del proyecto. Desde un principio, My App Inventor fue seleccionada como plataforma de desarrollo de la aplicación móvil. My App Inventor es un entorno de trabajo de programación visual originalmente creada por Google y por el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), de modo que para el ingreso es necesario disponer de una cuenta de Google [20]. Las ventajas del entorno de trabajo son numerosas, siendo la más predominante su sencillez y, por ende, la facilidad de aprendizaje; además, permite el acceso desde cualquier ordenador con conexión a Internet sin instalar elementos adicionales y también ofrece cuantiosas herramientas para desarrollar aplicaciones de baja y alta complejidad, como generar interfaces gráficas con diferentes pantallas, esto con el propósito de garantizar la organización de la información, lo que brinda gran utilidad en el proyecto [20].

Hasta hace algunos años, sólo era posible la instalación de aplicaciones creadas en My App Inventor en dispositivos Android a través del archivo .APK o su publicación en Google Play Store, no obstante, el equipo de MIT App Inventor en 2019, anunció la versión 0.9 del complemento MIT App Inventor para iOS, que posibilita la ejecución de pruebas de las aplicaciones en sus dispositivos por medio de la plataforma TestFlight de Apple, sin necesidad de publicar las aplicaciones en iTunes. Se informa que los desarrolladores deben realizar la postulación al programa de prueba del MIT para poder utilizar y experimentar con App Inventor iOS antes de publicar las aplicaciones en la App Store. [21]. A pesar de haber realizado la postulación, no se ha recibido respuesta, por lo que, no se podrían implementar las aplicaciones en dispositivos con sistema iOS hasta recibir una respuesta positiva por parte del equipo del MIT.

#### **3.1.2.2. Análisis de riesgos**

El protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) es ampliamente utilizado en Internet para transferir información entre el cliente y un servidor web localizado a través de una dirección asignada a un localizador uniforme de recursos que es mayormente conocido por las siglas URL [22]. Para garantizar la seguridad durante el envío de la información y la transferencia de datos se utilizó el protocolo seguro

de transferencia de hipertexto (HTTPS) que corresponde a la versión segura del protocolo HTTP. Esto pudo lograrse debido a que el protocolo se encuentra contenido en la página de Firebase. Al emplearse dicho protocolo, la página web codifica la sesión con certificado digital, y de esta manera, los datos no pueden ser interceptados y utilizados por terceros [22].

La transferencia de datos es posible mediante numerosos comandos definidos por el protocolo HTTP. En este proyecto se utilizaron las operaciones GET, POST, PUT y DELETE, los cuales poseen diferentes propósitos [22]. Los datos en Firebase Realtime Database pueden obtenerse tras emitir una solicitud GET, el comando POST es implementado para enviar información a la base de datos. El método PUT permite reemplazar información mientras que la operación DELETE elimina algún dato en específico [22].

Debido a la sensibilidad de los datos, ya que son de carácter privado, se diseñó un sistema de encriptación y desencriptación de contraseñas y un estado de activación de cuentas para restringir el ingreso a personas autorizadas, que en este caso son los miembros del departamento de ingeniería biomédica de la clínica y el personal asistencial.

### 3.1.2.3. Ingeniería

El entorno de desarrollo de My App Inventor que se muestra en la Figura 4, o también conocido como Vista del desarrollador o herramienta App Inventor Designer, contiene en la parte central una pantalla de celular, que permite simular la apariencia de la aplicación en un dispositivo Android durante el diseño de la interfaz gráfica [20] [23]. En la parte izquierda de la pantalla, se puede observar un menú denominado “Palette” con los elementos que se pueden agregar a la parte central dependiendo de las funciones que se desean añadir mientras que, en la parte derecha se encuentran las propiedades de los objetos que se incluyen en la interfaz [23].

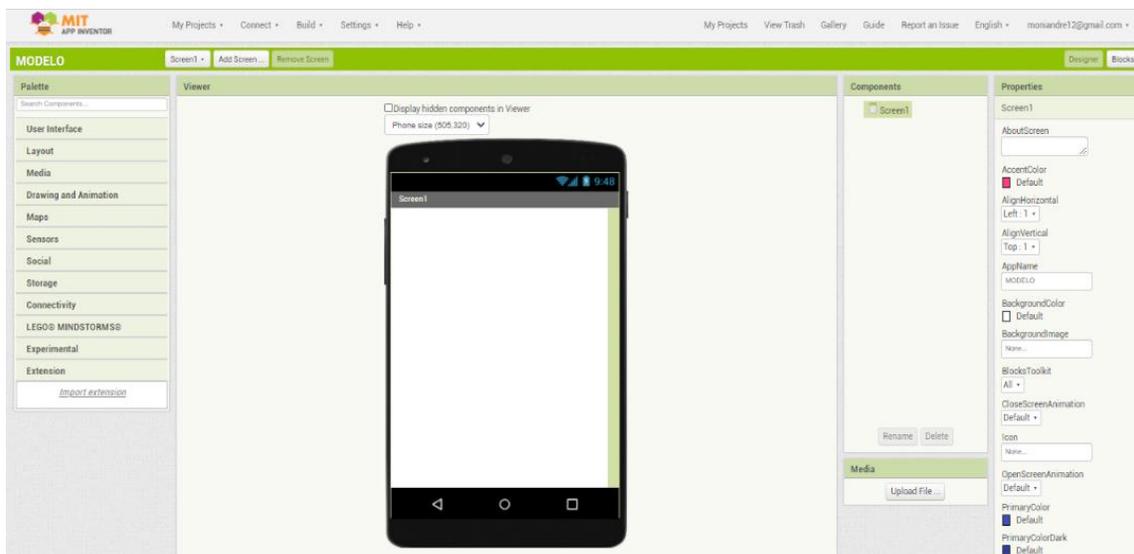


Figura 4. Vista del programador.

La herramienta Blocks Editor determina el comportamiento de los elementos de la aplicación mediante bloques o piezas, permite realizar procedimientos complejos y simples, realizar cálculos matemáticos y lógicos [20] [23]. Una muestra de la ventana del editor de bloques se percibe en la Figura 5.



Figura 5. Entorno de programación: Herramienta de bloques de My App Inventor.

Para verificar el funcionamiento de la aplicación durante el tiempo de programación se puede usar un emulador del dispositivo, realizar la conexión del celular por USB, descargar el archivo .APK o ejecutar la simulación a través de AI Companion. En este caso, fue utilizada la herramienta AI Companion, que facilita la ejecución de las aplicaciones desarrolladas en My App Inventor al sincronizarse por red Wifi con el teléfono móvil mediante a través de un código de seguridad que puede escanearse o digitarse [23], tal y como se muestra en la Figura 6. Posteriormente, en el teléfono móvil se observa la interfaz creada y, por consiguiente, se podrá comprobar su funcionamiento.

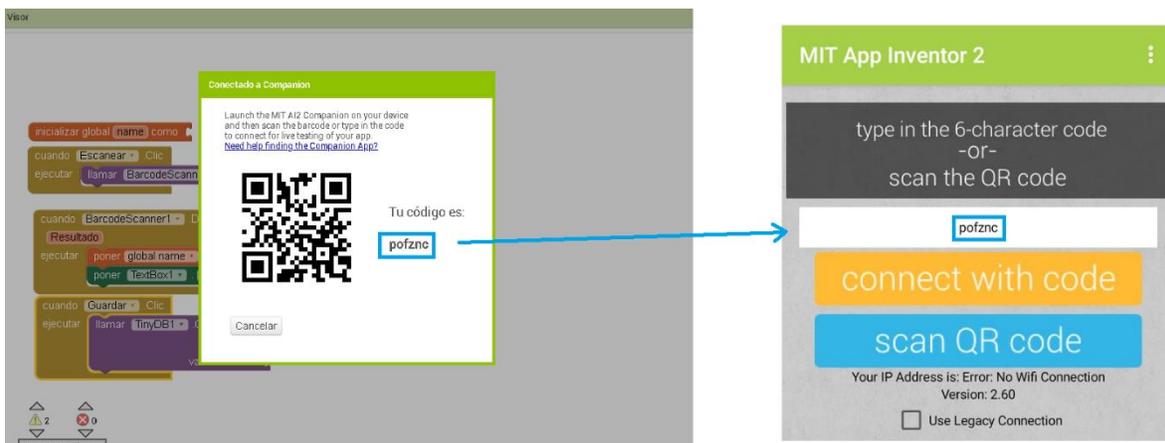


Figura 6. Sincronización de herramienta AI Companion y teléfono móvil.

Al finalizar la programación de la aplicación móvil, fue generado el archivo .APK configurado por defecto para ser compatible con la versión óptima Android

10.0, ya que My App Inventor debe garantizar que se cumpla uno de los requerimientos planteados por Google Play Store para publicar aplicaciones, el cual se encuentra relacionado con generar aplicaciones móviles destinadas a la versión más reciente del sistema operativo. De esta manera, existe compatibilidad con las versiones anteriores de Android, por lo que la aplicación móvil puede funcionar en diversos dispositivos móviles [24].

#### **3.2.2.4. Evaluación**

Esta etapa fue incluida debido a la necesidad de evaluar la aprobación por parte del personal de ingeniería biomédica con respecto a las funciones otorgadas por la aplicación y el diseño de las ventanas. A medida que se avanzó en el desarrollo del proyecto, los prototipos de la aplicación móvil fueron mostrados para recibir comentarios y sugerencias que facilitarían la generación de planes de mejora en la calidad y presentación. Con este proceso, se corrigieron inconvenientes y en el desarrollo que pudieran conducir a grandes complicaciones en la solución diseñada.

#### **3.1.3. PERIODO III**

*Actividades incluidas:*

- *Programar visitas a servicios para el registro de la información*
- *Pruebas de verificación de funcionamiento: Creación de base de datos*
- *Pruebas de usabilidad y experiencia de usuario*

El segundo periodo se enfoca en las etapas de planificación, implementación, evaluación y análisis de riesgos.

##### **3.1.3.1. Planificación**

Se programaron las visitas durante el mes de septiembre a los servicios de hospitalización, hemodinamia, unidad de cuidados intensivos e intermedio, imagenología, consultorios de cardiología y salas de cirugía con el propósito de registrar la información de los monitores de signos vitales, monitores multiparámetros y ventiladores. Debido a la nueva adquisición tecnológica de bombas de infusión, estas no fueron incluidas según el cronograma, por lo tanto, se agendaron otras fechas en el mes de octubre, posterior a su entrega e instalación en los servicios de Clínica Colsubsidio Calle 100.

##### **3.1.3.2. Implementación**

La base de datos es una colección de datos almacenados en un sistema accesible, a través de la cual se realizan acciones como gestionar, recuperar y almacenar los datos [25]. Cuando el conjunto de elementos de datos se organiza con la ayuda de una estructura tabular con tablas interconectadas contenidas por tuplas o filas de datos, la base de datos creada se denomina base de datos relacional [26]. Dentro de sus principales beneficios se encuentra el fácil acceso, creación, eliminación y adición de registros, además, evita la redundancia de datos gracias a su normalización, lo cual facilita el almacenamiento de datos y a su vez,

incrementa la consistencia de la información guardada. Para su correspondiente consulta se ha instaurado el lenguaje Structure Query Language (SQL), que ha sido utilizado en el desarrollo de aplicaciones que involucren bases de datos [26]. Sin embargo, en ocasiones no se pueden inscribir datos de cualquier tipo en el formato que ya ha sido configurado en las tablas [27] [28]. Las bases de datos relacionales tampoco posibilitan la creación de tablas organizadas con un sistema jerárquico, es decir, todas las tuplas poseen la misma categoría y poseen dificultades para almacenar gran cantidad de datos ya que presenta saturación en la capacidad por lo que habría que distribuir la información en varios servidores causando dificultades en la unión entre tablas [19] [26].

Por otra parte, las bases de datos no relacionales, también conocidas como Not Only SQL (NoSQL), permiten el registro de datos en forma de valores clave, formato JSON el cual es un formato en texto para el intercambio de datos [29], bases de datos multidimensionales, documentos, entre otros; proporcionan la opción de incluir grandes volúmenes de datos, sin requerir hardware de alto costo [28]. No obstante, las bases de datos no relacionales presentan algunas deficiencias, pues la mayoría es software de código abierto que es susceptible a fallas. Incluso, no existe un estándar de lenguaje, por lo que hay que ampliar el conocimiento dependiendo de la utilidad que se requiera [22]. A causa de que muchas bases de datos no relacionales se preocupan por la disponibilidad de consulta de los datos, por permitir la modificación de los datos inscritos y por su eventual consistencia, sacrifican propiedades como la atomicidad de las transacciones y el aislamiento entre las acciones de los clientes [30] [31].

Firebase es una plataforma desarrollada por Google enfocada en aplicaciones estadísticas, bases de datos, informes de fallas y mensajería [32]. La herramienta que permite el almacenamiento y sincronización de datos en formato JSON en tiempo real corresponde a Firebase Realtime Database, que es una base de datos NoSQL alojada en la nube destinada a su implementación en el desarrollo de aplicaciones web y móviles de iOS, JavaScript y Android. Permite el acceso a datos sin conexión a través de una base de datos local [33] lo que significa que, en caso de presentarse fallas en la conexión a la red, el usuario puede ejecutar transacciones de consulta y envío de datos sin inconvenientes.

El entorno visual de Firebase Realtime Database será expuesto en la Figura 7. La imagen demuestra que la plataforma recibe y almacena la información proveniente de la creación de los usuarios y los datos de los equipos biomédicos en aplicación móvil diseñada. Cabe señalar que el número de serie es el dato principal de cada registro, mediante el cual se puede identificar y consultar la información, pues es un dato de identificación único.

La base de datos fue generada desde la aplicación y enviada a Firebase Realtime Database a partir de documentos generados con el formato JSON a fin de almacenar la información de los equipos biomédicos establecida en los requerimientos funcionales y no funcionales. Para esto se planeó un sistema que utiliza internet para las consultas, de tal manera que se registraran los datos en una base de datos no relacional. Cabe aclarar que, de este modo se ejecutó la verificación del funcionamiento de la aplicación móvil.

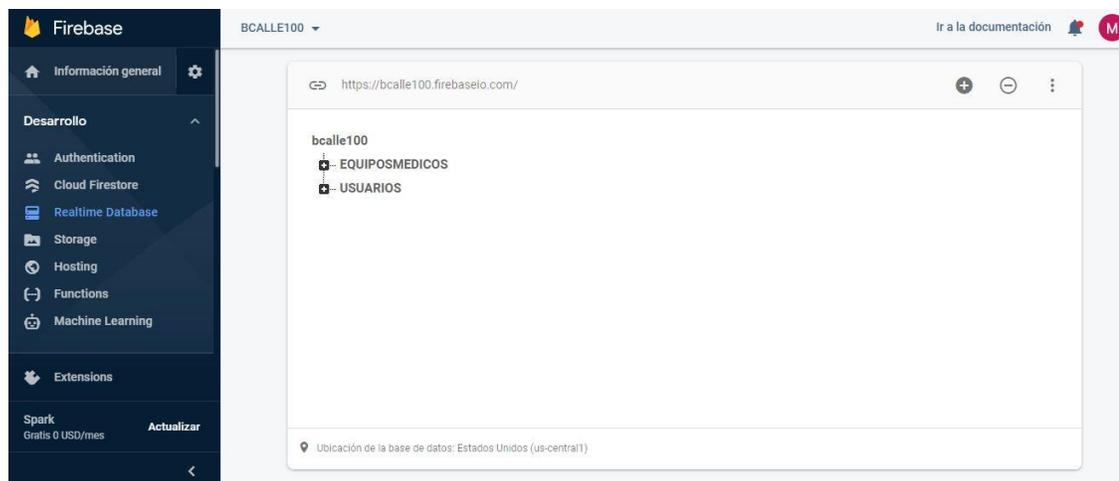


Figura 7. Entorno visual de Firebase Realtime Database

### 3.1.3.3. Análisis de riesgo

La aplicación móvil fue diseñada de tal manera que no fuera complicada de implementar, sin embargo, como plan de contingencia se planteó consolidar una guía de uso rápida para capacitar al personal autorizado para agregar, consultar, actualizar y borrar información de los equipos biomédicos y resolver inquietudes.

Por otra parte, la base de datos Firebase Realtime Database establece reglas de seguridad las cuales definen si los usuarios que accedan a la base de datos pueden solicitar la lectura y escritura de datos y se implementan de forma automática repetidamente. Principalmente, las reglas de seguridad se presentan en dos categorías que serán implementadas en la base de datos durante un tiempo indefinido: *read* describe si los usuarios pueden leer los datos y *write* establece que los usuarios pueden escribir datos [34].

### 3.1.3.4. Evaluación

Las pruebas de validación verifican que el producto cumple con los requerimientos instaurados en un principio [35]; en este caso se implementó un cuestionario de experiencia de usuario y usabilidad rápido y simple donde se evaluó la eficacia, o la capacidad de los usuarios para ejecutar acciones y la calidad del resultado de dichas acciones, la eficiencia o el nivel de recursos consumidos al realizar las acciones y la satisfacción tras usar el sistema [35] [36].

La usabilidad se define como una cualidad general de la idoneidad para un propósito de cualquier herramienta y debe verse en términos del contexto en el que se usa y su adecuación a ese contexto [35]. La escala utilizada para el análisis del cuestionario también corresponde a una escala de Likert, sin embargo, para este caso en particular el nivel más bajo (1) indica que el usuario está en completo desacuerdo y el nivel más alto (5) revela que el cliente está completamente de acuerdo [35]. Si un encuestado siente que no puede responder a determinado elemento, deben marcar el punto central de la escala [35]. En la Figura 8, se presenta el formato del cuestionario que se aplicó luego de presentar la aplicación móvil al personal encargado en Clínica Colsubsidio Calle 100.



Universidad del  
**Rosario**

CUESTIONARIO DE USABILIDAD DE APLICACIÓN MÓVIL



ESCUELA  
COLOMBIANA  
DE INGENIERÍA  
JULIO GARAVITO

Cargo que desempeña: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

*INSTRUCCIONES: Deberá leer cada uno de las afirmaciones presentadas a continuación y mostrar el nivel de acuerdo o desacuerdo.*

Marque con una X en 1 si está completamente en DESACUERDO  
 Marque con una X en 2 si está parcialmente en DESACUERDO  
 Marque con una X en 3 si no sabe qué responder  
 Marque con una X en 4 si está parcialmente en ACUERDO  
 Marque con una X en 5 si está completamente en ACUERDO

ASPECTOS	1	2	3	4	5
<i>Creo que usaría el sistema con frecuencia</i>					
<i>Creo que el sistema es innecesariamente complejo</i>					
<i>Pienso que el sistema es fácil de usar</i>					
<i>Pienso que necesitaría del apoyo de alguien para usar la aplicación</i>					
<i>Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas</i>					
<i>Creo que habían muchas inconsistencias en el sistema</i>					
<i>Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar este sistema muy rápidamente</i>					
<i>Encontré el sistema muy complicado de usar</i>					
<i>Me sentí muy segura usando el sistema</i>					
<i>Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar a utilizar este sistema.</i>					

*Si considera oportuno, puede incluir comentarios en el siguiente apartado.*

OBSERVACIONES:

Figura 8. Cuestionario de usabilidad y experiencia de usuario de aplicación móvil. Adaptado de [30].

Para calcular la puntuación total del cuestionario, que tendrá un rango de 0-100, se suman las contribuciones de las puntuaciones de cada elemento que oscilan en un rango de 0 a 4. Para los ítems 1, 3, 5, 7 y 9, la contribución al puntaje es la posición de la escala menos 1. Para los ítems 2, 4, 6, 8 y 10, la contribución es 5 menos la escala posición. Luego, para obtener el valor total de la calificación se multiplica por 2.5 [35], el cual puede ser interpretado según la escala de adjetivos empleada en la Figura 9.

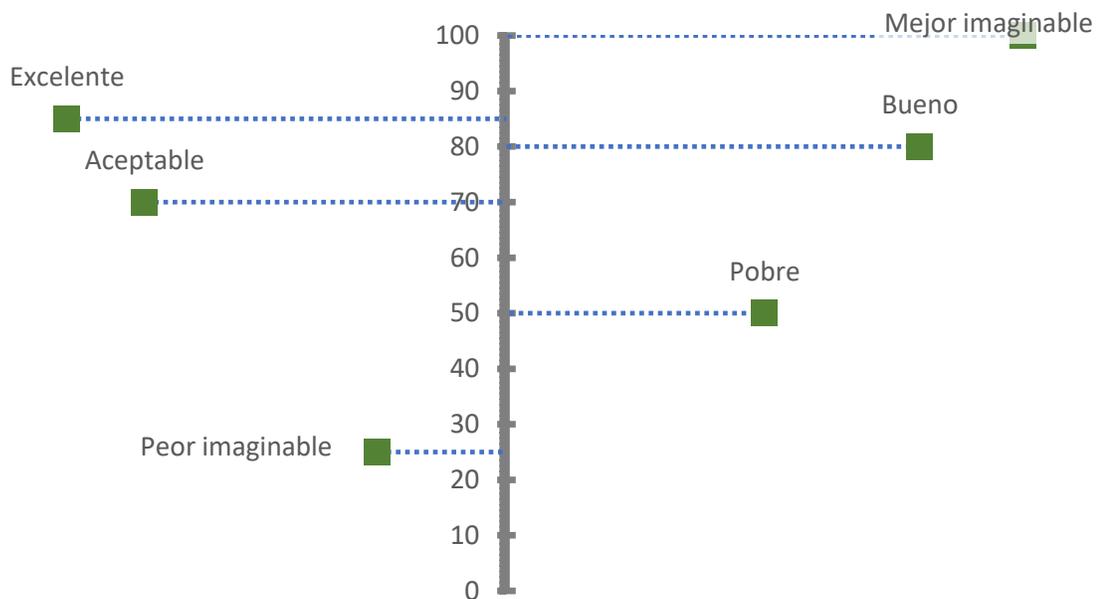


Figura 9. Puntuación general de la escala de usabilidad del sistema. Adaptado de [37].

## 4. RESULTADOS

De acuerdo con la metodología propuesta, en este apartado se presentan los resultados obtenidos segmentados en tres periodos y sus correspondientes etapas donde se ejecutaron las actividades planificadas. Durante la primera parte del proyecto, se logró determinar el problema para plantear una solución y ser socializada. A continuación, se recolectaron los requerimientos funcionales y no funcionales para generar la aplicación móvil bajo dichas condiciones y características especificadas por el personal de ingeniería, seguidamente, se diseñó y desarrolló la aplicación móvil junto con la base de datos y finalmente, se implementó el cuestionario de experiencia de usuario y usabilidad para comprobar la aceptación por parte de los usuarios en la institución.

### 4.1. PERIODO I

#### 4.1.1. Planificación

En la etapa de la recolección de requerimientos funcionales y no funcionales, se consideró la experiencia laboral, con el fin de determinar el problema vigente en la Institución, y también, identificar las variables que se debían incluir en la solución del problema. Posteriormente, durante una conversación con las 3 personas que conforman el personal de ingeniería biomédica, se generó una serie de propuestas para brindar solución al problema, a lo que se respondió que una aplicación móvil sería más conveniente. Con el propósito de recolectar una lista requerimientos, se indagó por las características que debía poseer dicha aplicación móvil, lo cual es esencial en cuanto al diseño y programación.

Con base a la metodología, se determinó que la aplicación debe almacenar la siguiente información organizada en una tabla.

- EQUIPO
- MARCA
- MODELO
- SERIE
- PLACA
- UBICACIÓN

A través de este medio, se concluyó que los datos relacionados con los equipos brindan un excelente apoyo en cuanto a la gestión y manejo del archivo. De igual manera, se identificó el principal problema, el cual está relacionado con la ubicación actual de los equipos dentro de la institución; a pesar de que en la base de datos incluida en el archivo Excel se informe sobre el destino o el servicio al que pertenece, esto no determina la localización real debido a que en algunas ocasiones es ineludible movilizar los equipos.

El personal de ingeniería biomédica enfatizó la importancia de la velocidad de consulta, por lo cual se formalizó que la opción de búsqueda de un equipo se realizara mediante el número de serie con la cámara del celular. Asimismo, se declaró que se requería que la aplicación almacenara al menos los equipos con mayor frecuencia de traslado en la institución a fin de conocer el lugar en el que se encuentra de momento.

Por otro lado, se sugirió que la aplicación fuera fácil de implementar, y que debía mantener los datos almacenados, protegidos y seguros. Es decir, el personal asistencial sólo podría encargarse de la modificación de la ubicación, mientras que la demás información podría ser agregada y/o editada por el personal de ingeniería biomédica.

Se identificó que las movilizaciones de los equipos entre habitaciones, pisos, o servicios están sujetas a las necesidades que se presentan durante el día. Las causas principales corresponden a las fallas o falencias en las funcionalidades de los equipos, por lo que era estrictamente necesario intercambiar el equipo averiado por un equipo disponible que se encontrara en el departamento de ingeniería o en algún servicio y que ejecutara las mismas funciones mientras se ejecutaba la reparación o mantenimiento correctivo.

## 4.2. PERIODO II

### 4.2.1. Planificación

Tras definir la plataforma de programación, se procedió a investigar sobre la misma y sus herramientas, con el propósito de reforzar los conocimientos adquiridos en asignaturas previamente cursadas durante la carrera para desarrollar aplicaciones móviles. Posteriormente, se planificó el diseño y desarrollo de la aplicación, teniendo en cuenta procesos expuestos en la Figura 10.

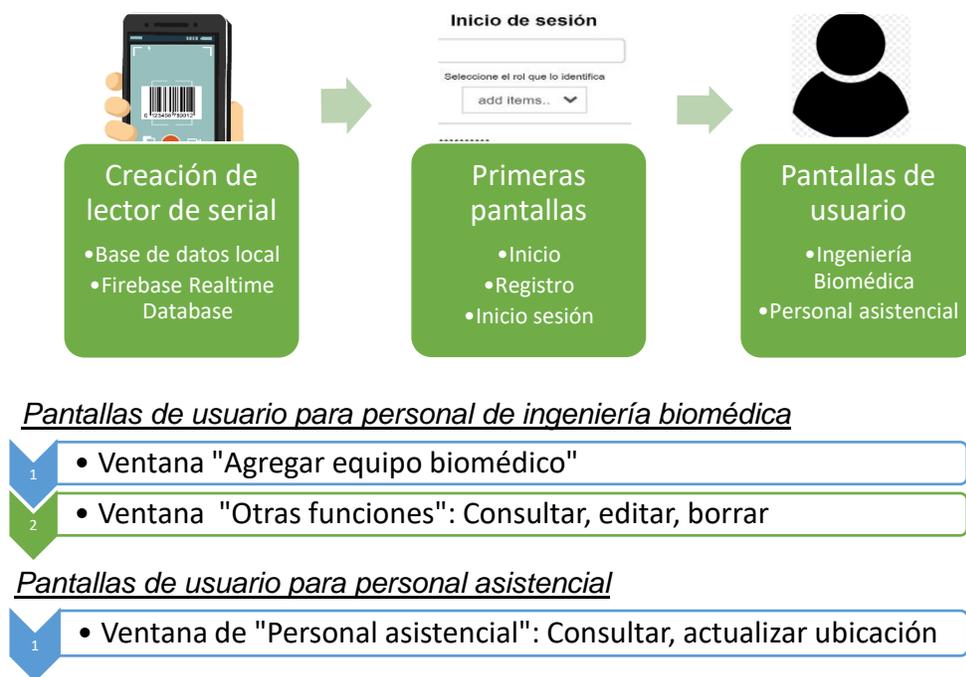


Figura 10. Diagrama de procesos de diseño y desarrollo de aplicación móvil.

#### 4.2.2. Ingeniería

En cuanto al diseño y desarrollo de la aplicación, se crearon mejoras y actualizaciones (Ver Figura 10). Inicialmente se realizó un programa sencillo con la opción de escáner de código de barras, su registro y búsqueda en una base de datos local (propia de My App Inventor); la pantalla de éste primer prototipo se podrá observar en la Figura 11. En la parte inferior de la Figura 11, se pueden encontrar algunos de los componentes agregados del menú Palette, por ejemplo, el elemento *BarcodeScanner1*, es implementado para escanear con la cámara móvil códigos de barras y recuperar los datos obtenidos al guardarlos en uno de los cuadros de texto incluidos en el programa.

El componente *TinyDB1* se incluyó para crear la base de datos local en la que se agregaron registros y seguidamente se consultaron. El proceso fue exitoso, sin embargo, se decidió utilizar otra clase de base de datos no relacional, ya que en la base de datos local se debía que realizar un proceso adicional para visualizar los datos guardados y manipularlos como, por ejemplo, la inclusión de un archivo Excel que se almacenara en los dispositivos móviles para ejecutar la consulta. Por lo tanto, se reemplazó el elemento de la base de datos local por *FirestoreDB1*, que se comunica con Firebase para almacenar y recuperar información.



Figura 11. Primer prototipo de escáner y gestión de datos.

Adicionalmente, se modificó el interfaz de la pantalla *Agregar equipo biomédico* con un diseño más amigable al usuario con la información relevante de los equipos médicos, que permitió ingresar el serial a través del lector de serial y de forma manual, en caso de no lograrse la lectura adecuada del código de barras (Figura 12a). En paralelo, se creó la pantalla *Consultar equipo biomédico* que permite consultar la información registrada, la cual presenta un diseño similar al de registro, pues permite la búsqueda manual y a partir del lector de serial (Figura 12b).



Figura 12. Prototipo para a) escáner/registro de datos y b) consulta de información con Firebase.

En la Figura 13 se evidencia el registro fotográfico del serial y la opción de ingreso manual del código de barras y su correspondiente ingreso como dato principal en la base de datos junto con la demás información. Los datos consignados instantáneamente se guardaron teniendo conexión a la red Wifi.



Figura 13. Proceso de ingreso de datos a Firebase a través de la aplicación móvil.

En la Figura 14 se muestra el proceso reverso, pues la información era consultada a la base de datos mediante el método manual o el escáner del código de barras del serial y posteriormente, era recuperada en la ventana de consulta de la aplicación móvil.

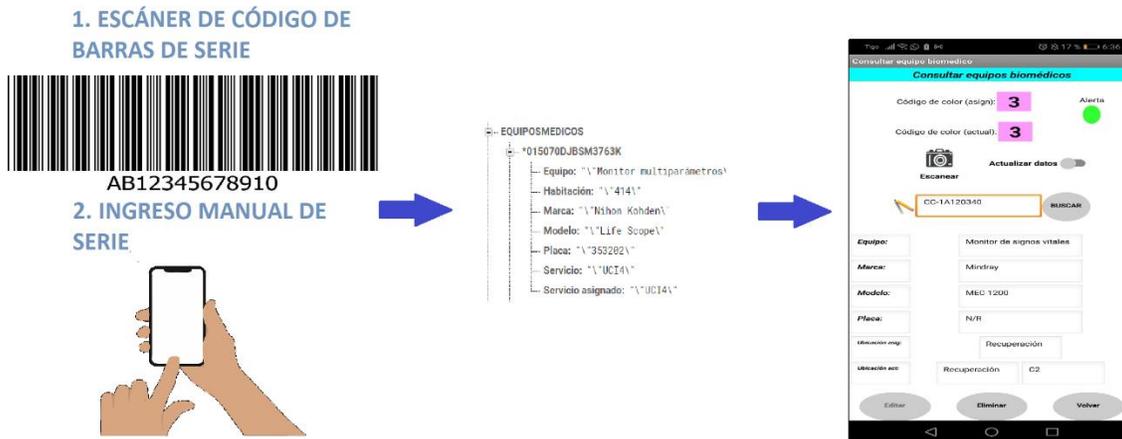


Figura 14. Proceso de consulta de datos a Firebase a través de la aplicación móvil.

Las ventanas para el ingreso a la aplicación se encuentran en la Figura 15. Para empezar, se elaboró una ventana de inicio (Figura 15a) en la que se presentan las opciones *Iniciar sesión* y *Registrarse*. Si el usuario seleccionaba la opción de registro, aparecía la ventana de la Figura 15b en la cual se pudo registrar el usuario por primera y única vez a la aplicación móvil, mientras que la Figura 15c expone la interfaz de inicio de sesión; debido a que se desea limitar el acceso a la información, se exige seleccionar el cargo del usuario.



Figura 15. Prototipo a) Inicio de la aplicación móvil. b) Ventana de registro. c) Ventana de inicio de sesión

Posteriormente, se realizó una actualización del diseño de la interfaz con las mismas funciones mencionadas anteriormente que contenía en la ventana de inicio la presentación del logo de la aplicación y los logos de las instituciones involucradas. (Ver Figura 16)

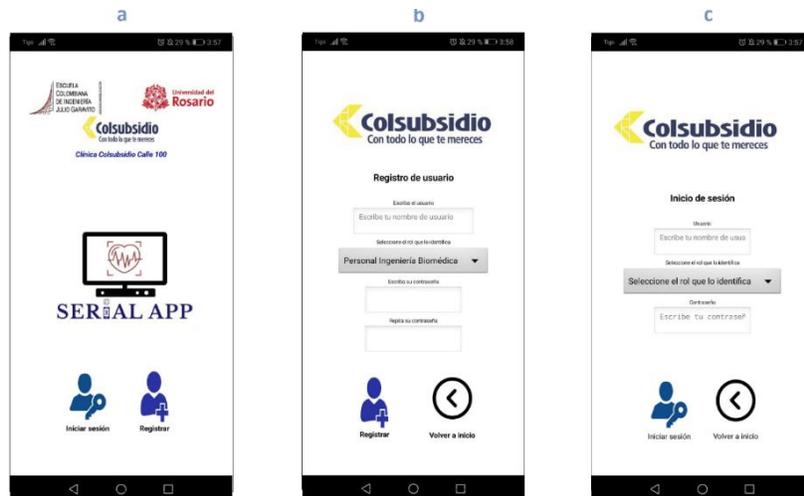


Figura 16. Diseño final a) Inicio de la aplicación móvil. b) Ventana de registro de usuario. c) Ventana de inicio de sesión.

Al seleccionar el rol del personal de ingeniería biomédica se presentó un menú de bienvenida que contenía los botones para acceder a la ventana *Agregar equipo biomédico* y la ventana *Consultar equipo biomédico*, a fin de crear, borrar, consultar y actualizar todos los datos. En caso de pertenecer al personal asistencial, solo se podía consultar y actualizar la ubicación del equipo biomédico a través de la ventana *Personal asistencial*. (Ver Figura 17). Con respecto a las ventanas anteriormente descritas, también se realizó la actualización de diseño, la cual será mostrada seguidamente. Las actualizaciones surgieron a medida que se realizaban pruebas funcionales y de verificación.



Figura 17. Prototipo acceso a la información según el cargo seleccionado.

#### 4.2.2.1 Ingeniería: Personal de ingeniería biomédica.

La interfaz gráfica *Agregar equipo biomédico* disponible para el personal de ingeniería biomédica era modificable según el nombre del equipo. La adecuación de la ventana se realizó debido al modo en el que se guardaron las bombas de infusión en el inventario de la clínica, pues las bombas de infusión recién adquiridas en la institución sólo presentan un canal para administrar medicamentos o soluciones al paciente y en caso de requerir más canales, las bombas de infusión pueden organizarse en estaciones centrales de acoplamiento o “racks” que pueden contener dos o cuatro equipos [38].

Así como las bombas de infusión y otros equipos biomédicos, las estaciones de acoplamiento se identifican con un número de serie, por lo tanto, en el inventario de equipos biomédicos fue necesario organizar las estaciones centrales de acoplamiento junto con las bombas de infusión contenidas en ellos. Debido a lo anterior, en la interfaz se evaluaba si el equipo correspondía a una bomba de infusión, y de ser así, la ventana se visualizaba tal y como se expone en Figura 18a, de lo contrario, se mostraba como en Figura 18b. Cabe aclarar que las figuras ilustradas en Figura 18 y Figura 19 demuestran la actualización de diseño de la interfaz implementada en el prototipo de la Figura 17.

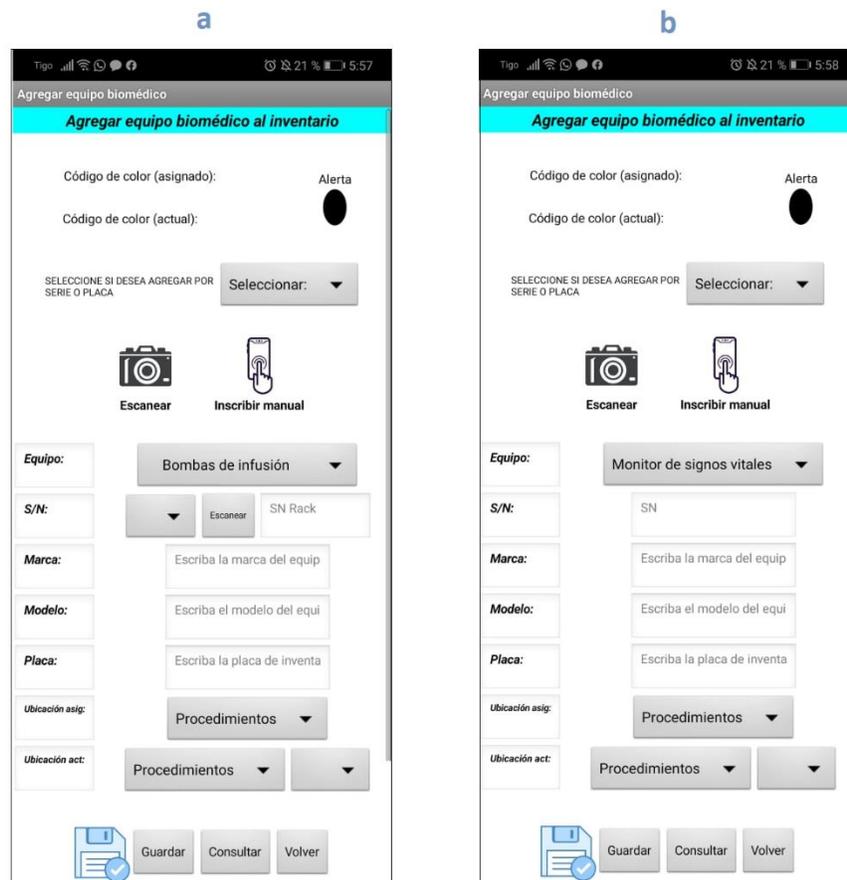


Figura 18. Tipos de menú para agregar a) bombas de infusión y b) monitores de signos vitales, monitores multiparámetros y ventiladores mecánicos.

Después, se definió el número de bombas de infusión presentes en la estación de acoplamiento y dependiendo de ello, cambia la interfaz nuevamente (Ver Figura 19): al seleccionar la cantidad 1, significaba que la bomba de infusión no estaba incluida en alguna de las estaciones por lo que se encuentra disponible un canal para la administración de soluciones o medicamentos, al seleccionar la cantidad 2, se indicaba a la aplicación móvil que en la estación se habían dos bombas de infusión, es decir, existían dos canales y finalmente, al escoger la cantidad 4, se precisaba que la estación de acoplamiento se componía de cuatro equipos (cuatro canales de administración).

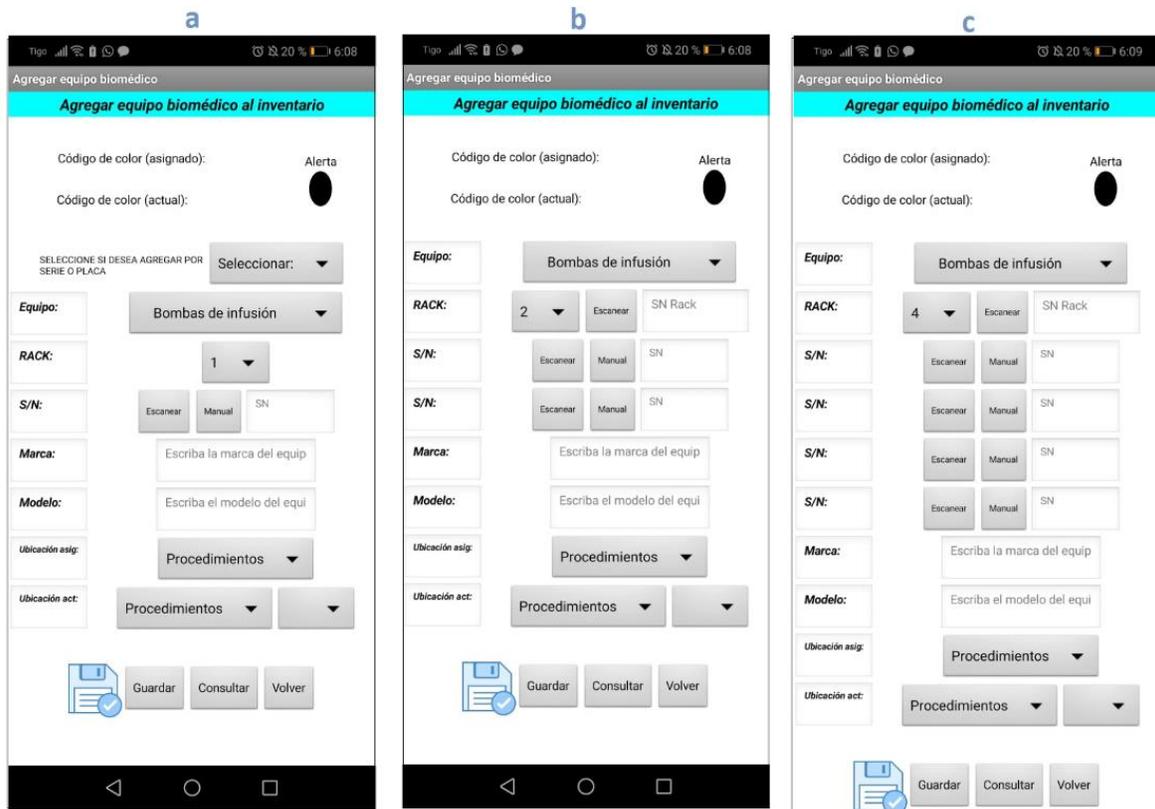


Figura 19. Tipos de menú creados para agregar bombas de infusión según número de equipos presentes en una estación de acoplamiento o RACK: a) una bomba de infusión, b) dos bombas de infusión, c) cuatro bombas de infusión.

Durante la creación de la aplicación móvil y a consecuencia de la adquisición de las bombas de infusión, se decidió implementar en físico etiquetas de colores con el número de piso al que pertenecen para identificar rápidamente el servicio y piso al que pertenecen los equipos biomédicos. Los colores de cada piso y/o servicio junto con su rótulo, fueron definidos por parte del personal de ingeniería biomédica. Hasta el momento tan sólo se ha aplicado en físico a bombas de infusión, sin embargo, se aspira a que los equipos biomédicos con más frecuencia de traslado también lo exhiban. En la Figura 20, se evidencia la asignación de colores para los servicios incluidos en la aplicación y su rótulo.

●	Cardiología-Sótano 1. Rótulo: S1
●	Hemodinamia-Piso 2. Rótulo: 2
●	Admisiones-Sótano 1. Rótulo: S1
●	Cirugía-Piso 3. Rótulo: 3
●	Recuperación. Rótulo: 3
●	Unidad cuidados intermedios para adulto-Piso 4. Rótulo: 4
●	Unidad de cuidados intensivos-Piso 5. Rótulo: 5
●	Hospitalización-Piso 6. Rótulo: 6
●	Hospitalización-Piso 7. Rótulo: 7
●	Hospitalización-Piso 8. Rótulo: 8
●	Imagenología-Sótano 1. Rótulo: S1
●	BackUp-Sótano 3. Rótulo: S3

Figura 20. Código de colores para los servicios de la institución.

Por lo anterior, en la aplicación móvil se incluyó el código de colores en la parte superior de las ventanas, el cual es visible apenas se seleccione o se consulte la ubicación actual y asignada del equipo biomédico. En caso de diferir los servicios de la ubicación actual y la ubicación asignada se mostró la alerta en color rojo, informando que el equipo no se encontraba en el lugar que pertenece, de lo contrario, la alerta se visualizó en color verde; de esta manera, la aplicación ayudó a que los usuarios visualmente reconocieran que el equipo biomédico se ubicaba o no se ubicaba en el sitio asignado. En la Figura 21, se podrá exponer un ejemplo de lo anterior.

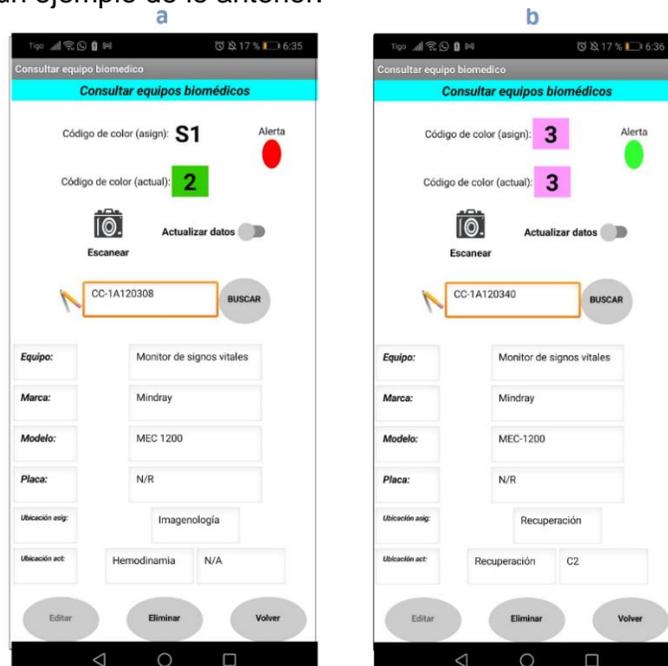


Figura 21. Casos en el que a) la ubicación asignada y ubicación actual sean diferentes y b) la ubicación asignada y ubicación actual sean iguales.

En la ventana *Consultar equipo biomédico* (Ver Figura 22) se observa un espacio para digitar el serial del equipo que se desea consultar y la opción de escanear su código de barras. Tras utilizar el lector de código de barras, automáticamente la información se

imprimía en los cuadros de texto, por el contrario, si se decidía escribir la serie del equipo biomédico, se debía oprimir el botón “BUSCAR” para obtener la información requerida.



Figura 22. Ventana de consulta de equipos para el personal de ingeniería biomédica.

Si el equipo correspondía a una bomba de infusión, el menú también cambiaba; este resultado puede verse en la Figura 23b, en otros casos, se organizaba la información como en la Figura 23a. Por otra parte, fue posible actualizar o editar información a través del interruptor “Actualizar datos”, que una vez es activado, habilitaba los cuadros de texto e incluía dos deslizadores para modificar la ubicación del equipo biomédico; este proceso es ilustrado en Figura 22 y Figura 23c. Es preciso señalar que la ventana Consulta de la Figura 22 y Figura 23 corresponde a la actualización de diseño del prototipo explícito en la Figura 14.

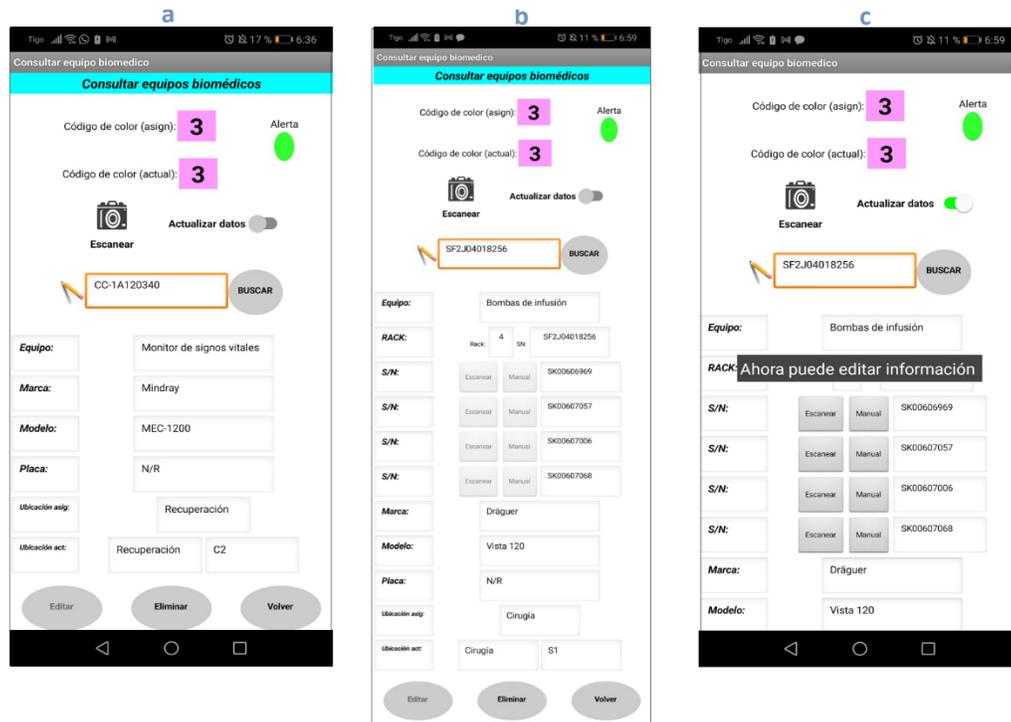


Figura 23. Ejemplo de consulta de equipos biomédicos disponible para personal de ingeniería biomédica a) Diferente a bomba de infusión b) Bomba de infusión y c) Opción de edición.

#### 4.2.2.2 Ingeniería: Personal asistencial

La ventana de consulta de equipos biomédicos disponible denominada *Personal asistencial* también era variable dependiendo del nombre del equipo debido a las bombas de infusión y se muestra en Figura 24. Esta interfaz tiene gran similitud con la ventana habilitada para el personal de ingeniería biomédica, pues permitía la consulta de la información de los equipos biomédicos, no obstante, el único dato que pudo actualizarse con este tipo de usuario fue la ubicación: Servicio y Habitación/Cubículo.



Figura 24. Ventana para la actualización de la ubicación de los equipos biomédicos por parte del personal asistencial.

La ventana también contenía un espacio para incluir de manera manual el serial del equipo que se deseaba consultar y el botón para escanear código de barras. Cuando el usuario utilizaba el escáner, la información era expuesta en los cuadros de texto de forma automática, mientras que, si se escribía el serial en el cuadro de texto, se requería presionar el botón “BUSCAR” a fin de visualizar los datos del equipo biomédico.

Como se mencionó anteriormente, la ventana evaluaba el nombre del equipo localizado en la base de datos: al tratarse de una bomba de infusión, el diseño de la ventana variaba como se muestra en la Figura 25b, mientras que, para los demás equipos biomédicos, se mostró la ventana de la Figura 25a. Además, fue posible actualizar la localización del equipo a través del interruptor “Actualizar datos”, que una vez era activado, habilitaba dos deslizadores para agregar la información correspondiente (Ver Figura 25c).

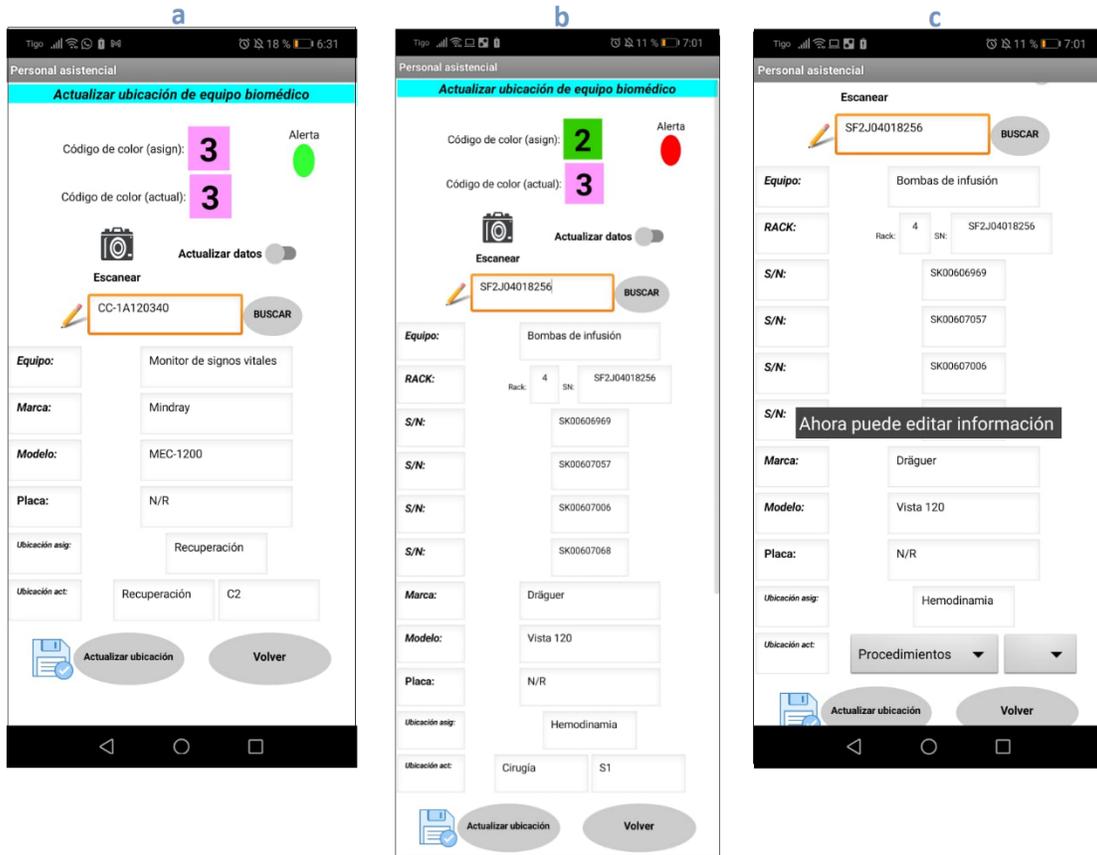


Figura 25. Ejemplo de consulta de equipos biomédicos para personal asistencial a) Diferente a bomba de infusión b) Bomba de infusión y c) Opción de edición de información.

### 4.2.3. Análisis de riesgos

Con respecto a la opción de registro e inicio de sesión, se realizó un sistema de encriptación y desencriptación que permitiera ocultar las contraseñas de los usuarios ingresados de terceros, el cual contiene números y las letras del alfabeto en mayúscula y minúscula. Si el usuario digitaba en el cuadro de texto su contraseña, el programa internamente dividía la palabra en cada una de las letras o números, luego, hacía la comparación y la letra era reemplazada según la letra que previamente había sido programada. Un prototipo del sistema de encriptación puede observarse en la Figura 26.



Figura 26. Muestra de programación efectuada para el sistema de encriptación.

En la Figura 27a se aprecia un ejemplo asociado a lo anteriormente mencionado, en el cual el usuario ingresa el nombre y la contraseña "Hola1234". Seguidamente, la palabra es dividida para realizar la comparación de las letras y números y finalmente, efectuar el reemplazo según la programación creada en la Figura 26 y enviar el texto encriptado a la base de datos en la sección de *USUARIOS*. En el prototipo, el reemplazo corresponde a la letra siguiente ubicada en el alfabeto o al número siguiente.

Si el usuario desea iniciar sesión, el proceso que se lleva a cabo corresponde al expuesto en la Figura 27b. Entonces, el personal ingresa la contraseña en el cuadro de texto, posteriormente, la palabra es segmentada para realizar nuevamente la encriptación de la contraseña según el sistema creado en Figura 26. Finalmente, se consulta el usuario y contraseña guardados previamente en la base de datos a fin de compararla con la contraseña recién encriptada. Si ambos datos son exactamente iguales y se encuentran asociados al usuario escrito, se permite el inicio de sesión, en caso contrario, se visualizan notificaciones de alarma.

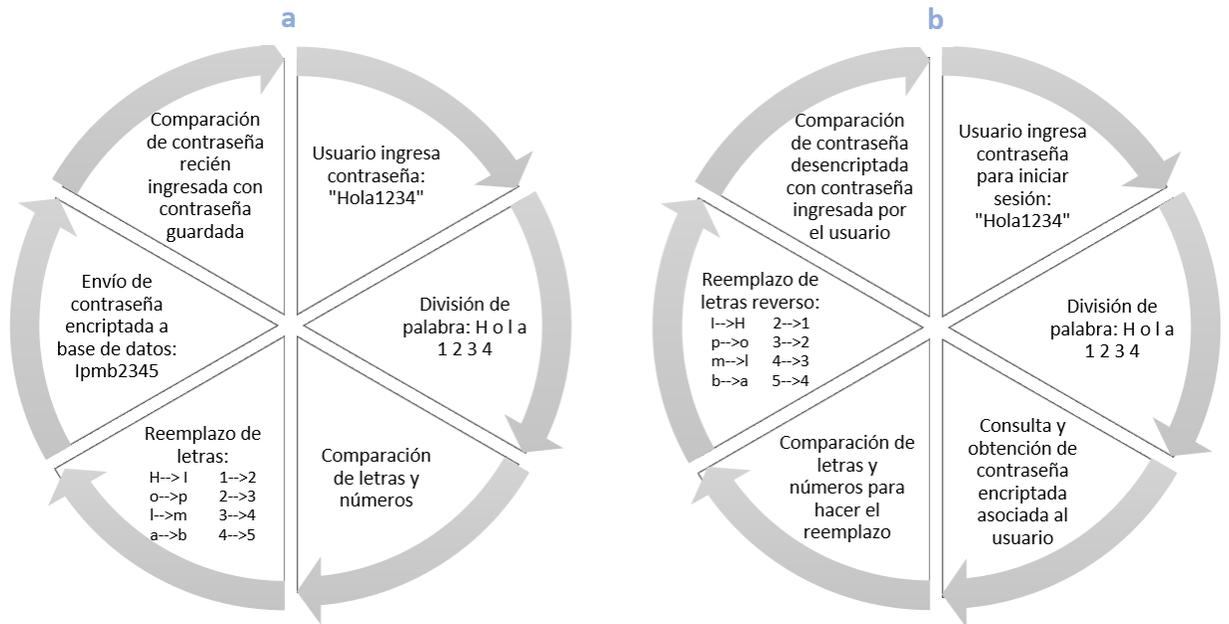


Figura 27. Ejemplo de a) encriptación y b) desencriptación de contraseñas en aplicación móvil durante el registro de usuario e inicio de sesión.

Con respecto a la limitación del registro e ingreso de personas a la aplicación, se implementó un sistema simple de reconocimiento del personal perteneciente a la clínica, el cual consiste en una variable denominada *Estado*, que envía a la base de datos Firebase Realtime Database automáticamente el número 0 apenas se realiza el registro de usuario desde la aplicación móvil así como se muestra en la Figura 28a. El número 0 indica que el usuario se encuentra inhabilitado, mientras que el número 1 revela que el usuario es personal autorizado.

La variable *Estado* puede ser modificada por el administrador de la cuenta de la base de datos, por lo que el usuario recién registrado debe esperar a que la variable se transforme a 1 (Ver Figura 28b) y de esta manera, poder ingresar a las opciones que ofrece la aplicación móvil.

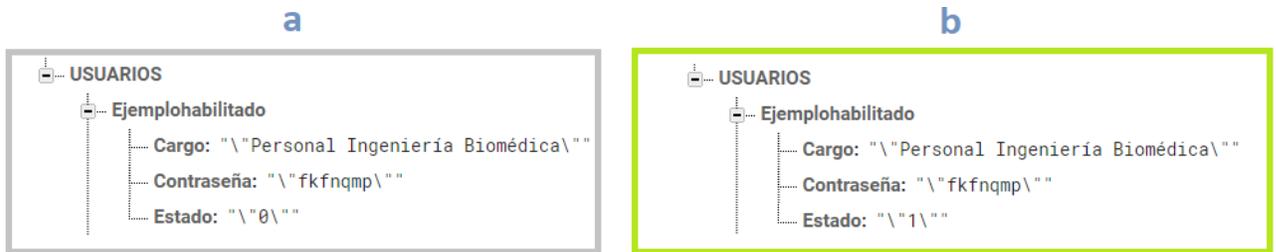


Figura 28. Sistema de habilitación de un usuario desde Firebase. a) Usuario inhabilitado b) Usuario habilitado

#### 4.2.4. Evaluación

Las evaluaciones orales realizadas a los integrantes del personal de ingeniería biomédica fueron tenidas en cuenta para implementaron los últimos cambios en el diseño y funcionalidad de la aplicación, los cuales fueron mostrados en la etapa anterior como actualizaciones de los prototipos inicialmente creados.

### 4.3. PERIODO III

#### 4.3.1. Planificación

Las visitas fueron programadas y ejecutadas en los cronogramas que se verán a continuación. El cronograma de la Figura 29, contiene las fechas de visita a los servicios para el registro de monitores multiparámetros, monitores de signos vitales y ventiladores mecánicos localizados en los servicios.

Septiembre	Fechas de visita																													
	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié
Nombre del servicio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Admisiones																		v												
Cardiología																			v											
Cirugía							v							v																
Hemodinamia																	v	v												
Hospitalización 6																	v													
Hospitalización 7																	v													
Hospitalización 8																	v													
Imagenología																		v												
Recuperación								v								v														
Taller Ingeniería Biomédica																	v	v								v				
UCI 5									v	v	v			v																
UCI 4														v			v	v												

Figura 29. Programación de visitas para el registro de equipos biomédicos en septiembre.

En la Figura 30, se evidencia la programación de visitas a los servicios para ejecutar el registro de las bombas de infusión.

Octubre	Fechas de visita																														
	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom	lun	mar	mié	jue	vie	sáb
Nombre del empleado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Admisiones									v																						
Cardiología									v																						
Cirugía									v							v															
Hemodinamia									v																						
Hospitalización 6									v																						
Hospitalización 7									v																						
Hospitalización 8									v							v															
Recuperación									v																						
UCI 5											v					v															
UCI 4											v					v															

Figura 30. Programación de visitas para el registro de equipos biomédicos en octubre.

Para ejecutar las pruebas de usabilidad y experiencia del usuario se planeó una fecha para exponer la aplicación móvil al equipo de soporte biomédico que hace parte del personal de ingeniería biomédica, brindar una capacitación y realizar las pruebas de funcionalidad; después de dos días de prueba, fue entregado el cuestionario de Figura 8. Por otra parte, también fue planificada otra ocasión para mostrar el software a un grupo de enfermería del servicio de Hospitalización y un grupo del servicio de unidad de cuidados intermedios y así realizar la evaluación de usabilidad y experiencia de usuario.

#### 4.3.2. Análisis de riesgos

Se realizó dos tipos de guías de uso rápido teniendo en cuenta las diferencias entre las funciones contenidas en la aplicación móvil para el personal asistencial y para el personal de ingeniería biomédica. (Ver Anexos 2 y 3). En los documentos se informó sobre el uso de la aplicación, sus diversas funciones y las recomendaciones asociadas a “Serial App”.

#### 4.3.3. Implementación

La base de datos fue generada por medio de la aplicación móvil y en ella se incluyó la serie, placa, nombre del equipo, marca, modelo y ubicación de 13 monitores de signos vitales, 36 monitores multiparámetros, 16 ventiladores mecánicos, 99 bombas de infusión sin estación de acoplamiento (un canal), 11 estaciones de acoplamiento que incluyen dos bombas de infusión (dos canales) y 18 estaciones de acoplamiento con cuatro bombas de infusión (4 canales). Teniendo en cuenta lo anterior, la base de datos contiene 258 equipos biomédicos.

Toda la información en Firebase Realtime Database concerniente a los equipos biomédicos fue normalizada, con el propósito de evitar datos nulos o vacíos. Dicho de otra

manera, si no existen datos relacionados al equipo biomédico, se diligenció N/A (no aplica) o N/R (no registra). Para asegurar el cumplimiento de la normalización de los datos en la creación de registros, esto se menciona en la guía de uso de la aplicación que fue creada y en los mensajes de alerta.

En el transcurso de las pruebas de verificación de funcionalidad de la aplicación móvil, se detallaron vacíos e inconsistencias, puesto que se evidenció el problema que tiene el lector de códigos de barras para escanear seriales que no se distinguen con claridad a causa del deterioro físico o del tamaño, por lo que fue estrictamente necesario realizar el registro de modo manual.

Además, se observaron falencias en el escáner de los seriales en los equipos biomédicos etiquetados con código QR, ya que en el caso particular de los ventiladores mecánicos de marca Puritan Bennett el serial no fue reconocido, incluso, mejorando las condiciones de iluminación. En cuanto a los monitores de marca Nihon Kohden, el código QR fue reconocido y obtenido, sin embargo, el valor que se registró a la base de datos correspondía a la unión entre el modelo y el número de serie, lo que generó confusiones al buscar la información de modo manual, pues por lo general sólo se consulta el serial.

#### 4.3.4. Evaluación

La aplicación móvil fue expuesta a aproximadamente 20 personas incluyendo el personal asistencial y el personal biomédico, sin embargo, debido a asuntos de disponibilidad el cuestionario de usabilidad y experiencia de usuario de la Figura 10 fue entregado a los dos integrantes del soporte biomédico de la institución, a la ingeniera biomédica y a tres integrantes del personal asistencial del servicio de hospitalización. En la Figura 31 se encuentran los resultados de los cuestionarios aplicados. Las sugerencias y recomendaciones emitidas por parte de los usuarios serán comentadas en el siguiente apartado.

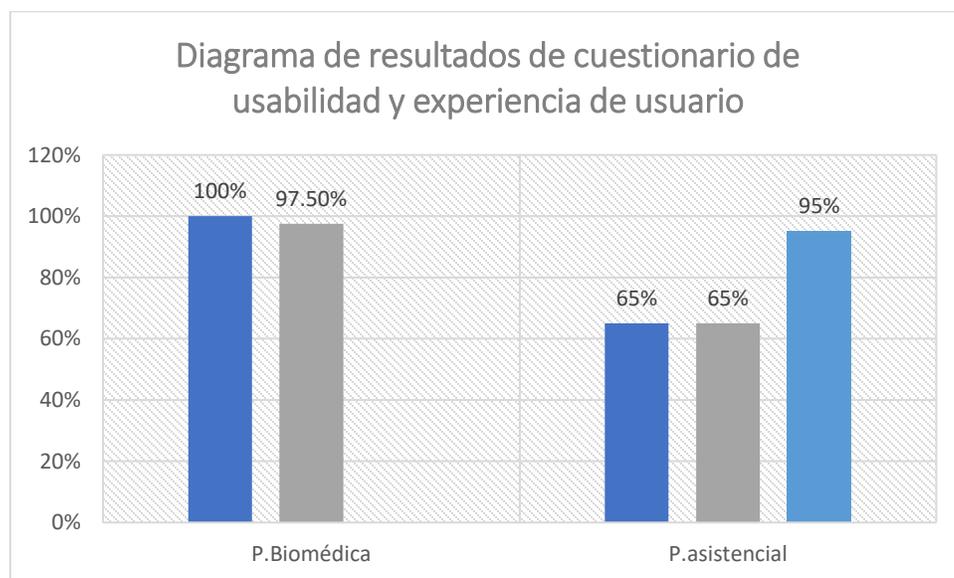


Figura 31. Resultados de cuestionario de usabilidad y experiencia de usuario

## 5. DISCUSIÓN

La metodología empleada para la elaboración del proyecto constó de 3 partes principales las cuales fueron explicadas en la sección de metodología. Los resultados iniciales fueron cruciales para la ejecución del proyecto, debido al estudio de las problemáticas vigentes en Clínica Colsubsidio Calle 100, la obtención de requerimientos funcionales y no funcionales y que permitieron conocer las funciones que debía proveer el software.

El proceso de evaluación permitió realizar realimentaciones del proyecto ejecutado, a fin de solucionar fallas e incluir más funciones según las necesidades del usuario; de esta manera, se logró mejorar la aplicación digital en cuanto a la interfaz y las operaciones. No obstante, se evidenciaron errores en el escáner de seriales que no pudieron corregirse, pues fueron causa del desgaste de las etiquetas de los equipos biomédicos, por lo tanto, fue necesario aclarar al personal que en caso de suceder se debía utilizar la búsqueda manual. En cuanto al registro de la localización básico, se declara que fue útil la inscripción de la ubicación asignada del equipo biomédico y el mecanismo de alerta. De esta manera, tras publicar la ubicación actual se verificó si el equipo médico había sido trasladado a un servicio diferente.

Tras generar la base de datos y realizar pruebas de verificación, la aplicación móvil fue presentada al personal de ingeniería biomédica y a un grupo de personal asistencial. Con el cuestionario fue posible determinar el nivel de satisfacción de los usuarios y el buen desempeño de la herramienta diseñada. Las afirmaciones 1, 3, 5, 7, 9 trataron de determinar si el usuario tenía una buena percepción del sistema dependiendo de la facilidad de uso, frecuencia de implementación y confianza al usarlo; las demás afirmaciones confirmaron el grado de aceptación concluyente de las anteriores preguntas.

Según los resultados obtenidos en la sección anterior, se puede llegar a inferir que hubo un positivo nivel de aceptación por parte del personal de ingeniería, ya que se calculó en promedio una puntuación de aceptación de 98,8%. Teniendo en cuenta los valores de la escala de la Figura 9, este puntaje revela que los usuarios tienen alto grado de conformidad con aplicación móvil. Las observaciones, comentarios y sugerencias emitidas por parte del grupo de trabajo se relacionan con la inclusión de información adicional de los equipos biomédicos, el registro de otros equipos que también sean trasladados frecuentemente y el desarrollo de opciones de consulta y búsqueda de información mediante nombre del equipo, marca o placa. Además, comentaron que en caso de ser implementado y utilizado correctamente podría ayudar a la localización rápida de los equipos biomédicos.

La calificación promedio lograda a partir de los cuestionarios implementados en el servicio asistencial correspondió a 75%. Según la escala de interpretación de la Figura 9, se determina que la aplicación se encuentra en el rango “Aceptable” y “Bueno” en términos de usabilidad. A pesar de que plantean que la solución generada es una buena idea, las observaciones y comentarios conciernen a la actualización automática de la información de los equipos biomédicos, pues para el personal asistencial no tomaría tiempo el registro de la información luego de movilizar un equipo médico. Es importante para el personal asistencial la autonomía de la aplicación, debido a que a diario existen varios tipos de emergencia en los pacientes, por lo que se podría ignorar el uso de la aplicación móvil.

A partir de estos cuestionarios fue posible visualizar el impacto positivo en la efectividad de adición y consulta de equipos biomédicos en la aplicación debido a que la información es añadida u obtenida en un tiempo corto. De igual manera, se pudo observar que la localización de equipos biomédicos a fin de ejecutar mantenimientos preventivos, fue mucho más rápida, esto a causa de la actualización de la ubicación inscrita en el inventario de la institución. Considerando que en el inventario existen 13 monitores de signos vitales, se plantea que la búsqueda con la aplicación móvil y su información actualizada podría tardar de 5 a 10 minutos mientras que la localización tras utilizar el archivo tipo Excel “CRONOGRAMA CLÍNICA CALLE 100 2020” sin las actualizaciones respectivas, podría tomar de 15 a 30 minutos, puesto que sería necesario recorrer todos los servicios de la clínica hasta encontrar el equipo biomédico requerido. Si se contienen más equipos biomédicos en el inventario, el tiempo de búsqueda sin uso de la aplicación móvil incrementaría mientras que, con su implementación, el tiempo sería aproximadamente el mismo; este es el caso de los monitores multiparámetros, ya que la clínica adquirió hasta la fecha 38 equipos médicos. Teniendo en cuenta la información entregada por la aplicación, también es benéfico para el personal de ingeniería biomédica diligenciar los reportes correctivos y preventivos sin necesidad de acceder al archivo Excel. Sumado a lo anterior, a través de la aplicación se puede verificar la cantidad y presencia de equipos biomédicos instalados, con el propósito de evitar pérdidas y garantizar la cantidad de equipos biomédicos asignados a un servicio o piso. Este beneficio podría complementarse con la implementación de rutinas destinadas a la comprobación del inventario en la institución Clínica Colsubsidio Calle 100.

Los resultados obtenidos junto con los posibles trabajos futuros, pueden compararse con el seguimiento de equipos costosos en recientes trabajos de investigación, pues los objetivos también se relacionan con la prevención de pérdidas y la ubicación rápida de equipos biomédicos de la institución. Una de las soluciones fue obtenida a partir de etiquetas adjuntadas a los equipos biomédicos con sensores de Bluetooth que publicaban a una plataforma la ubicación en tiempo real; de esta manera, se logró un alto grado de satisfacción por parte del personal asistencial, aunque se reportaron problemas en cuanto a la precisión de la detección e incomodidad de los sensores por su gran tamaño [39]. Incluso, se han implementado sistemas para la búsqueda del personal médico cuando los pacientes necesitan ayuda o para el seguimiento de pacientes en estado crónico, por lo que se sugiere que IoT ha sido aplicado en situaciones donde es importante conocer la ubicación de objetos [40]. Los desarrollos de IoT encontrados en el contexto de la salud, podrían contribuir en la continuidad del trabajo realizado, gracias a las ideas e información que sugieren una solución más automatizada.

## 6. TRABAJOS FUTUROS Y RECOMENDACIONES

Inicialmente, se podría extender la base de datos por medio de la inclusión de los demás equipos biomédicos. A pesar de que muchos no cuenten con serial contenido en un código de barras, la adición y consulta podría hacerse en el modo manual. Actualmente, se pueden agregar equipos biomédicos a través del escáner del código de barras de la serie o de la placa de inventario, sin embargo, la consulta de los equipos médicos sólo se ejecuta a partir del serial, por lo que podría plantearse como trabajo futuro, implementar un sistema que al consultar la placa de inventario encuentre el equipo médico relacionado y publique su información en la interfaz.

Debido a que no todos los equipos biomédicos cuentan con placa de inventario, tendría que ser necesaria la inclusión de otro medio de consulta de los equipos, por ejemplo, el nombre del equipo, marca, modelo y ubicación asignada; cabe aclarar que al realizar este tipo de consultas no focalizadas se obtendrían listados de equipos, por lo cual se tendría que adecuar la ventana “Consultar equipos” y “Actualizar ubicación de equipos” para visualizar de forma ordenada la información obtenida de la base de datos. A la vez, se sugiere desarrollar un método para poder acceder a la aplicación sin conexión a internet, mediante la generación de un archivo alojado en la memoria interna del teléfono móvil que se actualice apenas se establezca conexión a la red.

Otro aspecto de trabajos futuros consiste en mejorar la lectura de códigos QR puesto que se presentaron inconvenientes al realizar el escáner. Si no se consigue escanear el código QR con la cámara del móvil se tendría que hacer la recomendación en las guías de uso, definiendo que para determinados equipos biomédicos estrictamente se debe hacer la adición y consulta escribiendo el número de serie del equipo biomédico.

También se sugiere incluir más datos asociada a los equipos biomédicos, concretamente: hojas de vida, modalidad de adquisición, responsable de mantenimientos, control de mantenimientos preventivos, calibraciones, validaciones y calificaciones, historial de traslados entre servicios o pisos, la justificación del traslado y la fotografía de los equipos para contribuir en la identificación rápida.

Por causa de la utilización de los códigos de colores en la aplicación, también se recomienda implementar las etiquetas de colores en físico en los equipos biomédicos incluidos en el sistema, tal y como se ejecutó con las bombas de infusión. Por otra parte, se podría perfeccionar el registro de la ubicación actual en Clínica Colsubsidio Calle 100 a través de un sistema de localización en tiempo real o (RLTS

) que generalmente es implementado de forma inalámbrica mediante etiquetas para ubicar automáticamente personas u objetos en un edificio o área contenida; en este caso particular, se destinaría a la búsqueda de equipos médicos dentro de la sede [41]

Por último, se piensa en la ampliación de la base de datos en todas las infraestructuras de salud especializada, para así controlar y gestionar los movimientos de los equipos médicos en la sede o incluso, los traslados temporales o definitivos de una clínica o centro médico a otro lugar de la misma red. Los inventarios se separarían dependiendo de cada sede para evitar el cruzamiento de información.

## 7. CONCLUSIONES

Se diseñó y desarrolló una aplicación denominada “Serial App” para el control del inventario de equipos biomédicos y el registro de la localización actual y asignada según lo establecido en el archivo del cronograma y que, según la literatura consultada, corresponde a un sistema básico de ubicación de activos. Los equipos biomédicos incluidos en la base de datos generada corresponden a aquellos reconocidos por un serial contenido en el código de barras y que son frecuentemente trasladados en la institución Clínica Colsubsidio Calle 100. Se incluyeron en la base de datos: monitores multiparámetros, monitores de signos vitales, ventiladores mecánicos y bombas de infusión.

De acuerdo con los requerimientos, se logró crear un sistema de base de datos en tiempo real en donde fue almacenada la información correspondiente a número de serie, nombre de equipo, marca, modelo, placa, ubicación asignada y ubicación actual mediante la cámara del celular y de manera manual en la aplicación móvil. Luego, se consultaron y editaron los datos de los equipos biomédicos desde la aplicación móvil, e incluso, desde la página de Firebase en los ordenadores de la clínica.

Se diseñó un sistema de habilitación del personal de la clínica con el propósito de asegurar el acceso restringido a las opciones ofrecidas por la aplicación, adicionalmente, un método de encriptación fue desarrollado para evitar la lectura de los caracteres de las contraseñas de los usuarios por parte del administrador de la base de datos, lo que podría generar inseguridad. Luego, se desarrollaron diferentes menús destinados a cada tipo de usuario registrado (personal de ingeniería biomédica o personal asistencial) pues se requirió mantener la seguridad y protección de los datos almacenados.

Finalmente, las pruebas de usabilidad y experiencia del usuario contribuyeron con identificar el impacto positivo del proyecto desarrollado en el personal. A través de las pruebas con el personal de ingeniería biomédica, se comprobó que al utilizar “Serial App” es más ágil el proceso de localización de equipos biomédicos dentro de la sede y el diligenciamiento de reportes. Por parte del personal asistencial y del equipo de soporte biomédico se recibieron sugerencias encaminadas a los trabajos futuros que beneficiarían en gran medida a quienes empleen correctamente la aplicación móvil.

## 8. REFERENCIAS

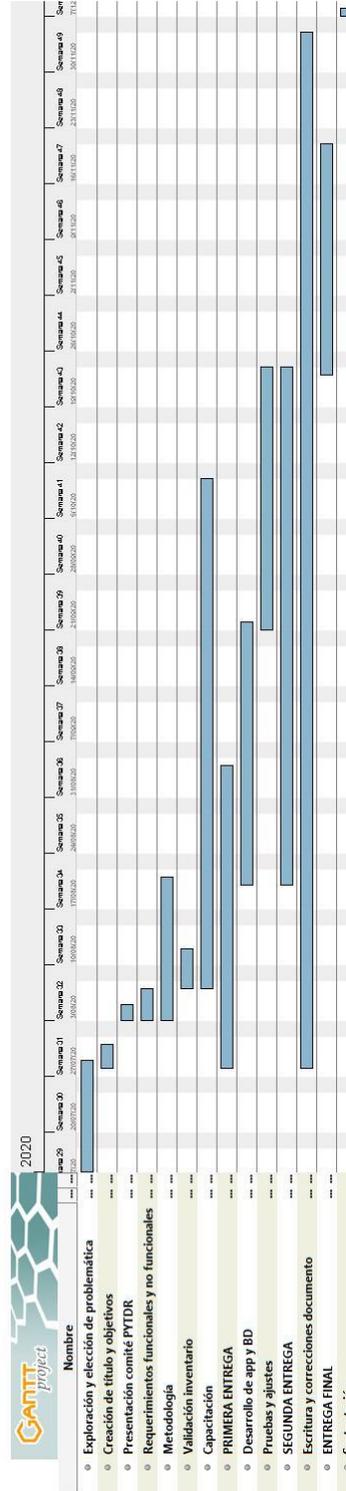
- [1] M. Conner, «Sensors empower the “Internet of Things”», *EDN*, p. 1, 2010.
- [2] «Internet de las Cosas (IoT): Su historia, funcionamiento, beneficios, amenazas y futuro», *Tienda digital*, oct. 18, 2018. <https://tienda.digital/2018/10/18/internet-de-las-cosas-iot-su-historia-funcionamiento-beneficios-amenazas-y-futuro/> (accedido ago. 23, 2020).
- [3] A. Tavizon-Salazar, T. Guajardo, y C. Laines, «IoT, el internet de las cosas y la innovación de sus aplicaciones», vol. 2, 2016.
- [4] Quental, «Tecnología IoT en el Sector Hospitalario». 2017, Accedido: ago. 19, 1929. [En línea]. Disponible en: <https://www.quental.com/media/files/Informe-Tecnologia-IoT-en-el-Sector-Hospitalario.pdf>.
- [5] SaludDigital, «Los beneficios del Internet de las Cosas (IoT) en la prestación de servicios de salud», p. 1, nov. 08, 2019.
- [6] Colsubsidio, «Quiénes somos», *Colsubsidio con todo lo que mereces*, ago. 10, 2020. <https://www.colsubsidio.com/afiliados/quienes-somos> (accedido ago. 10, 2020).
- [7] Colsubsidio, «Clínicas y centros de especialistas», *Colsubsidio con todo lo que mereces*. <https://www.colsubsidio.com/afiliados/salud/clinicas-y-centros-de-especialistas> (accedido ago. 14, 2020).
- [8] Colsubsidio, «Clínica Calle 100», *Colsubsidio con todo lo que mereces*. <https://www.colsubsidio.com/afiliados/salud/clinicas-y-centros-de-especialistas/clinica-calle-100.html> (accedido ago. 15, 2020).
- [9] SAP, «What is SAP?», *SAP*. <https://www.sap.com/corporate/en.html> (accedido ago. 09, 2020).
- [10] Organización Mundial de la Salud, «Introducción a la gestión de inventarios de equipo médico». feb. 2012, Accedido: ago. 07, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44817/9789243501390\\_spa.pdf;jsessionid=7910257E304311227F7D9945AA271CDE?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44817/9789243501390_spa.pdf;jsessionid=7910257E304311227F7D9945AA271CDE?sequence=1).
- [11] Organización Mundial de la Salud, «Guía de recursos para el proceso de adquisición». feb. 2012, Accedido: ago. 23, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44826/9789243501376\\_spa.pdf;jsessionid=C781B5B794791376D1BF89B77920405C?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44826/9789243501376_spa.pdf;jsessionid=C781B5B794791376D1BF89B77920405C?sequence=1).
- [12] Ministerio de salud y protección social, «Resolución 3100 de 2019». nov. 25, 2019, Accedido: dic. 01, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%203100%20de%202019.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%203100%20de%202019.pdf).
- [13] Daniel Corcos, «El modelo espiral». 2000, Accedido: sep. 30, 2020. [En línea].
- [14] Helmut Sy Corvo, «Modelo espiral: historia, características, etapas, ejemplo». <https://www.lifeder.com/modelo-espiral/> (accedido oct. 19, 2020).
- [15] Dane Bertram, «Likert Scales». Topic report, 2008, Accedido: sep. 12, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://poincare.matf.bg.ac.rs/~kristina/topic-dane-likert.pdf>.
- [16] Universidad del Rosario, «Arquitecturas IoT». <https://view.genial.ly/5d9c9be2bbed600fcc38a79c> (accedido ago. 30, 2020).
- [17] Buyya Rajkumar; Amir Vahid Dastjerdi, Ed., *Internet of Things Principles and Paradigms*. Elseiver, 2016.
- [18] Oswaldo Quiñonez Muñoz, *Internet de las Cosas (IoT)*, vol. 1. Ibukku LLC, 2019.
- [19] Criptowerk, «IOT SYSTEMS – DISTRIBUTED | DECENTRALIZED | CENTRALIZED», p. 1, oct. 15, 2019.

- [20] «¿Qué es AppInventor?» Accedido: sep. 15, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://alfabetizaciondigital.fundacionesplai.org/pluginfile.php/9567/mod\\_resource/content/3/1.%20QUE%20ES%20APPINVENTOR.pdf](https://alfabetizaciondigital.fundacionesplai.org/pluginfile.php/9567/mod_resource/content/3/1.%20QUE%20ES%20APPINVENTOR.pdf).
- [21] «MIT App Inventor for iOS version 0.9 takes off in TestFlight», sep. 25, 2020. <https://appinventor.mit.edu/blogs/evan/2019/09/25/mit-app-inventor-ios-version-0-9> (accedido sep. 15, 2020).
- [22] Google, «API REST de la base de datos de Firebase», dic. 03, 2019. <https://firebase.google.com/docs/reference/rest/database> (accedido sep. 20, 2020).
- [23] Angel David Escalera Cruz, «Programación móvil android con appinventor en educación secundaria», vol. 11, n.º 35, p. 6, jun. 2015.
- [24] My app inventor, «File Path Updates Starting with Android 10», ago. 08, 2020. <https://appinventor.mit.edu/blogs/evan/2020/08/08/file-path-updates-android-10> (accedido dic. 02, 2020).
- [25] A. Cobo, *Diseño y programación de bases de datos*. Vision Libros.
- [26] Margaret Rouse, «Base de datos relacional», ene. 2015. <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Base-de-datos-relacional> (accedido sep. 12, 2020).
- [27] «Bases de datos relacionales: el modelo de datos en detalle», *Digital Guide*. <https://www.ionos.es/digitalguide/hosting/cuestiones-tecnicas/bases-de-datos-relacionales/> (accedido sep. 10, 2020).
- [28] Nishtha Jatana; Sahil Puri<sup>2</sup> y Mehak Ahuja; Ishita Kathuria; Dishant Gosain, «A Survey and Comparison of Relational and Non-Relational Database», *IJERT*, vol. 1, p. 5, sep. 2012.
- [29] S. Aguirre, *JSON - Vol.1: Primeros pasos - Sintaxis - Tipos de datos*. RedUsers, 2020.
- [30] Dirk deRoos, *Hadoop For Dummies (For Dummies (Computers))*, vol. 1. 2014.
- [31] UNIR Revista, «Bases de Datos NoSQL: qué son y cuáles son sus ventajas».
- [32] Database, «Realtime Database». <https://firebase.google.com/docs/database?hl=es> (accedido sep. 13, 2020).
- [33] J. F. Martínez, *Implantación de aplicaciones web (GRADO SUP.)*, Grupo Editorial RA-MA. España, 2014.
- [34] Firebase, «Explicación de las reglas de Firebase Realtime Database», ago. 08, 2020. <https://firebase.google.com/docs/database/security?hl=es> (accedido dic. 02, 2020).
- [35] J. Brooke, «SUS: a “quick and dirty” usability», *Usability Eval. Ind.*, p. 189, 1996.
- [36] B. Laugwitz, T. Held, y M. Schrepp, «Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire», en *HCI and Usability for Education and Work*, Berlin, Heidelberg, 2008, pp. 63–76.
- [37] John Sorflaten, «Clean Metrics from Quick and Dirty Assessment: “The SUS”». Human Factors International, 01/10, Accedido: dic. 03, 2020. [En línea]. Disponible en: [https://www.humanfactors.com/newsletters/clean\\_metrics\\_from\\_quick\\_and\\_dirty\\_assessment.asp](https://www.humanfactors.com/newsletters/clean_metrics_from_quick_and_dirty_assessment.asp).
- [38] Baxter, *EvoIQ LVP | Manual del operador*, 1.<sup>a</sup> ed. 2020.
- [39] S. Yoo, S. Kim, E. Kim, E. Jung, K.-H. Lee, y H. Hwang, «Real-time location system-based asset tracking in the healthcare field: lessons learned from a feasibility study», *BMC Med. Inform. Decis. Mak.*, vol. 18, n.º 1, p. 80, sep. 2018, doi: 10.1186/s12911-018-0656-0.
- [40] J. E. Stahl, M. A. Drew, D. Leone, y R. S. Crowley, «Measuring process change in primary care using real-time location systems: Feasibility and the results of a natural experiment», *Technol. Health Care*, vol. 19, n.º 6, pp. 415-421, 2011, doi: 10.3233/THC-2011-0638.

[41]M. N. Kamel Boulos y G. Berry, «Real-time locating systems (RTLS) in healthcare: a condensed primer», *Int. J. Health Geogr.*, vol. 11, n.º 1, p. 25, jun. 2012, doi: 10.1186/1476-072X-11-25.

## 9. ANEXOS

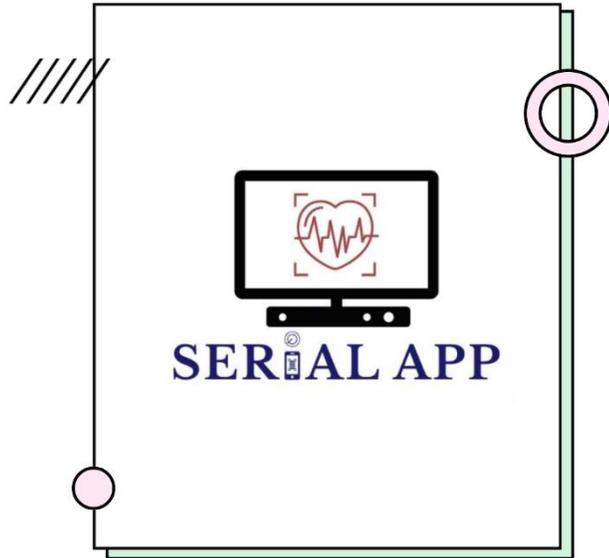
Anexo 1. Diagrama de Gantt delimitado por actividades.



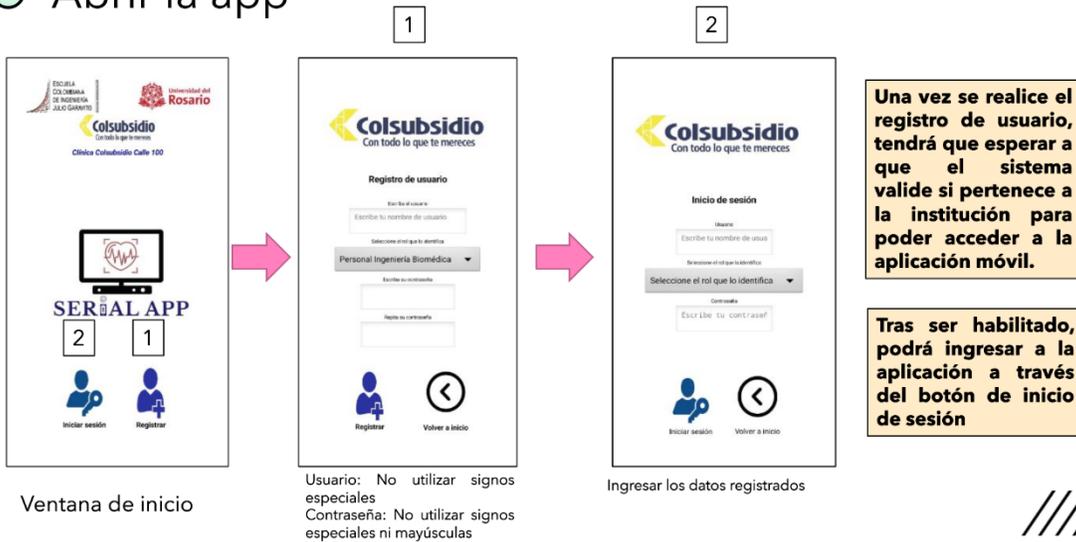
Anexo 2. Acceso a guía de uso para el personal de ingeniería biomédica.

# GUÍA DE USO

PERSONAL DE INGENIERÍA BIOMÉDICA



## ○ Abrir la app



## ○ Menú principal



### BOTONES

#### Agregar

- Agregar equipos biomédicos

#### Otras funciones

- Consultar
- Actualizar/Editar
- Eliminar

#### Cerrar sesión

- Retorna a la ventana de inicio de sesión



## ○ Agregar equipos biomédicos

### BOTONES

#### Guardar

- Guarda la información en Firebase

#### Consultar

- Dirige al usuario a la ventana de consulta

#### Volver

- Retorna al usuario al menú principal

### CÓDIGO DE COLOR

●	Cardiología-Sótano 1, Hemodinamia-Piso 2
●	Admisiones-Sótano 1, Cirugía-Piso 3, Recuperación
●	Unidad cuidados intermedios para adulto-Piso 4
●	Unidad de cuidados intensivos-Piso 5
●	Hospitalización-Piso 6
●	Hospitalización-Piso 7
●	Hospitalización-Piso 8
○	Imagenología-Sótano 1
●	BackUp-Sótano 3

**Código de color (asign):** Muestra el color de la ubicación asignada del equipo biomédico

**Código de color (actual):** Muestra el color de la ubicación actual del equipo biomédico



## ○ Agregar equipos biomédicos

### PROCESO DE ADICIÓN DE UN EQUIPO BIOMÉDICO

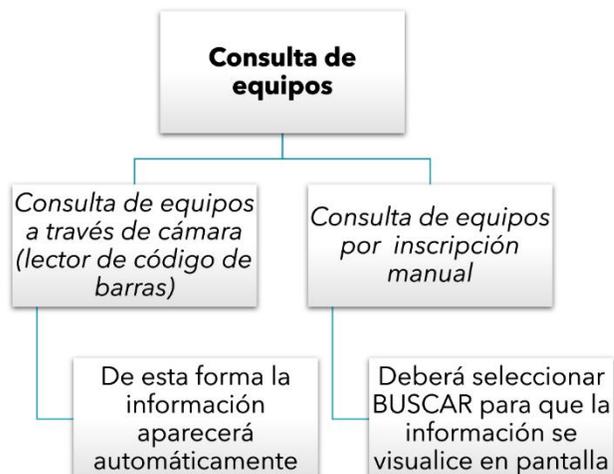
- 1 • Escoger si desea agregar equipo biomédico por SERIAL S/N o PLACA.
- 2 • Si selecciona "Escanear", la cámara se abrirá para leer el código de barras correspondiente; si selecciona "Inscribir manual" se habilitarán los cuadros de texto para digitar el serial o placa.
- 3 • Elegir el equipo biomédico en la lista desplegable.
- 4 • Digitar la información relacionada al equipo. En caso de que no exista la información ingresar N/A o N/R según corresponda.
- 5 • Seleccionar la ubicación asignada y la ubicación actual del equipo.
- 6 • Guardar la información.

## ○ Consultar equipos biomédicos

### BOTONES

- |          |  |
|----------|--|
| Editar   | • Actualiza la información en Firebase   |
| Eliminar | • Elimina el equipo mostrado en pantalla |
| Volver   | • Retorna al usuario al menú principal   |

## ○ Consultar equipos biomédicos



## ○ Consultar equipos biomédicos

### EDITAR INFORMACIÓN

- Accionar interruptor "Actualizar datos" de modo que aparezca en verde
- Se habilitará el botón "Editar"
- Los cuadros de texto se habilitarán y aparecerán deslizantes para seleccionar la ubicación asignada y ubicación actual
- Seleccionar botón "Editar"

### ELIMINAR EQUIPO BIOMÉDICO

- Apenas la información aparezca en pantalla, podrá eliminar el equipo biomédico seleccionando el botón "Eliminar"



## ○ Recomendaciones

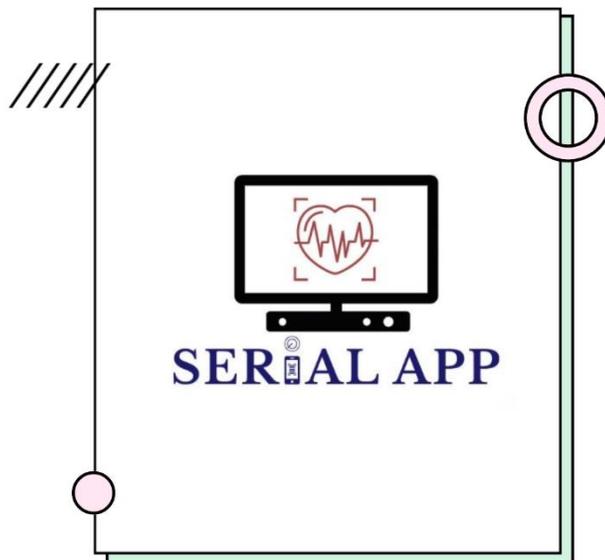
- Provisionalmente, en la aplicación se podrá agregar, consultar, actualizar y eliminar información sobre monitores de signos vitales, monitores multiparámetros, ventiladores mecánicos y bombas de infusión. Próximamente se incluirán más equipos biomédicos.
- La aplicación tiene problemas para la lectura de equipos biomédicos con el código de barras borroso y/o con código QR, por lo cual se recomienda realizar su búsqueda de modo manual.
- Tras abrir la aplicación y realizar la consulta de bombas de infusión, deberá hacer doble click para visualizar toda la información. **Nota:** Esto sucede en la primera consulta de alguna bomba de infusión.
- La búsqueda de bombas de infusión que pertenezcan a una estación de acoplamiento o rack solo es posible a partir del serial del rack, es decir, no aparecerá la información si se consulta mediante el serial de alguno de los equipos biomédicos contenidos.
- Al realizar la actualización de la ubicación asignada y la ubicación actual en la ventana de Consultar equipo biomédico, tendrá que asegurarse que la selección de la lista desplegable corresponde a la localización que quiere registrar en la base de datos, aún cuando la información no se desee actualizar. Esto debido a que en la lista desplegable no aparece automáticamente el dato ya guardado, sino aparece en defecto la palabra "Selecione:" o el último dato seleccionado en otro proceso.

**AVISO:** Se está trabajando por mejorar la aplicación y eliminar los inconvenientes presentes en el desarrollo actual.

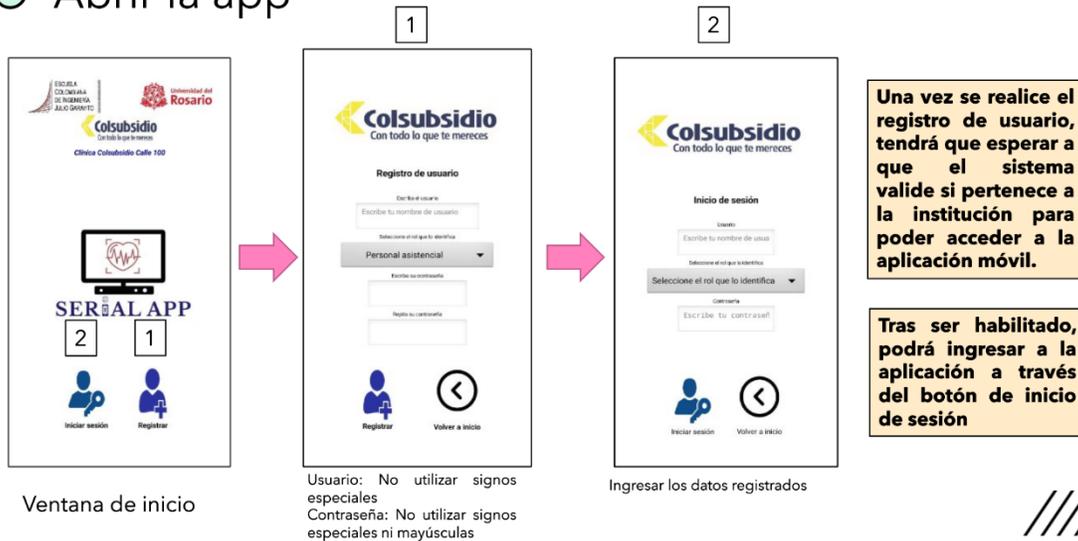


### **Anexo 3. Acceso a guía de uso para el personal asistencial.**

**GUÍA DE  
USO**  
PERSONAL ASISTENCIAL



## ○ Abrir la app



## ○ Actualizar ubicación actual de equipos biomédicos

**BOTONES**

**Actualizar ubicación** •Actualiza la ubicación actual del equipo biomédico en Firebase

**Volver** •Retorna al usuario al menú principal

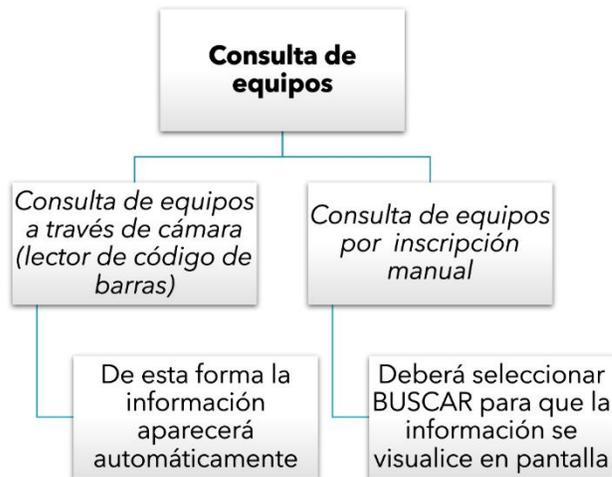
**CÓDIGO DE COLOR**

- Cardiología-Sótano 1, Hemodinamia-Piso 2
- Admisiones-Sótano 1, Cirugía-Piso 3, Recuperación
- Unidad cuidados intermedios para adulto-Piso 4
- Unidad de cuidados intensivos-Piso 5
- Hospitalización-Piso 6
- Hospitalización-Piso 7
- Hospitalización-Piso 8
- Imagenología-Sótano 1
- BackUp-Sótano 3

**Código de color (asign):** Muestra el color de la ubicación asignada del equipo biomédico

**Código de color (actual):** Muestra el color de la ubicación actual del equipo biomédico

○ Actualizar ubicación actual de equipos biomédicos



○ Actualizar ubicación actual de equipos biomédicos



**ACTUALIZAR UBICACIÓN ACTUAL**

- Accionar interruptor "Actualizar datos" de modo que aparezca en verde
- Aparecerán los deslizantes para seleccionar el servicio y habitación actual
- Seleccionar botón "Actualizar ubicación"



## ○ Recomendaciones

- Provisionalmente, en la aplicación se podrá agregar, consultar, actualizar y eliminar información sobre monitores de signos vitales, monitores multiparámetros, ventiladores mecánicos y bombas de infusión. Próximamente se incluirán más equipos biomédicos.
- La aplicación tiene problemas para la lectura de equipos biomédicos con el código de barras borroso y/o con código QR, por lo cual se recomienda realizar su búsqueda de modo manual.
- Tras abrir la aplicación y realizar la consulta de bombas de infusión, deberá hacer doble click para visualizar toda la información. **Nota:** Esto sucede en la primera consulta de alguna bomba de infusión.
- La búsqueda de bombas de infusión que pertenezcan a una estación de acoplamiento o rack solo es posible a partir del serial del rack, es decir, no aparecerá la información si se consulta mediante el serial de alguno de los equipos biomédicos contenidos.
- Al realizar la actualización de la ubicación asignada y la ubicación actual en la ventana de Consultar equipo biomédico, tendrá que asegurarse que la selección de la lista desplegable corresponde a la localización que quiere registrar en la base de datos, aún cuando la información no se desee actualizar. Esto debido a que en la lista desplegable no aparece automáticamente el dato ya guardado, sino aparece en defecto la palabra "Seleccione:" o el último dato seleccionado en otro proceso.

**AVISO:** Se está trabajando por mejorar la aplicación y eliminar los inconvenientes presentes en el desarrollo actual.

