

**SISTEMA DE MONITOREO REMOTO DE VARIABLES MEDIOAMBIENTALES EN LAS
SALAS DE CIRUGÍA DE UNA CLÍNICA DE CUARTO NIVEL DE COMPLEJIDAD
MEDIANTE EL USO DE INTERNET DE LAS COSAS (IoT)**

**DIEGO FELIPE CASTELBLANCO ANGARITA
ANDRÉS EDUARDO MARROQUÍN HIDALGO**

Trabajo Dirigido

Tutor

**MSc. Pedro Antonio Aya Parra
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**

AGRADECIMIENTOS

En ocasiones podemos dudar al ver tan lejanas nuestras metas, incluso llegar a pensar que no será posible alcanzarlas, pero la confianza y el trabajo en equipo han sido el secreto para lograr lo que hoy llamamos nuestro trabajo dirigido, primero agradecemos el uno al otro por la entrega, dedicación y esfuerzo en cada etapa de este proyecto.

De forma muy especial queremos agradecer y dedicar este trabajo a nuestras familias, quienes nos han apoyado de forma incondicional, siempre confiando en nuestras capacidades y abriéndonos camino con su amor y enseñanza. Gracias a nuestros docentes Pedro y Jefferson por su papel de maestros, siempre atentos y dispuestos a compartir su conocimiento, agradecemos también al ingeniero José Leonardo por confiar en nuestras capacidades y abrirnos las puertas para así lograr nuestros objetivos. A la ingeniera Jenny, que, a pesar del poco tiempo disponible, siempre estuvo pendiente del proceso, validando la confiabilidad de nuestras mediciones. A Hernán y Juan queremos agradecerles por estar disponibles siempre, incluso a veces fuera de sus jornadas del laboratorio. Finalmente, con infinitos recuerdos de un camino lleno de alegrías, tristezas, emociones y deseos, agradecemos a nuestras Universidades, que al fin y al cabo nos formaron para conquistar nuestros sueños.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Ventilación en salas de cirugía	6
1.3. Marco normativo	8
1.4. Tecnologías de medición y control del aire en quirófanos.....	8
1.5. Internet de las cosas (IoT)	9
2. OBJETIVOS	10
3. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Identificación de las condiciones de operatividad de las salas de cirugía	11
3.2. Requerimientos de diseño	11
3.3. Arquitectura	12
3.3.1. Instrumentación.....	13
3.3.2. Transmisión y manipulación de datos.....	17
3.3.3. Almacenamiento	18
3.3.4. Visualización.....	19
3.4. Ensamblaje de los dispositivos	20
3.5. Diagrama general del funcionamiento del sistema.....	23
3.6. Implementación	24
3.7. Pruebas de desempeño.....	24
4. RESULTADOS	26
4.1. Operación e infraestructura de las salas de cirugía	26
4.2. Los dispositivos	27
4.3. Visualización.....	28
4.5. Almacenamiento.....	31
4.6. Pruebas de desempeño.....	32
4.7. Evaluación de presión positiva en las salas de cirugía	36
4.8. Evaluación de calidad de envío de datos.....	39
5. DISCUSIÓN.....	40
6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	44
6.1. Recomendaciones.....	44
6.2. Trabajos futuros.....	44
7. CONCLUSIONES	45
8. REFERENCIAS	46
ANEXOS.....	48

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales focos de atención en una institución hospitalaria en cuanto a las condiciones sanitarias en la prestación del servicio de cirugía, debe ser las condiciones ambientales dentro del área, ya que, al tratarse de procesos altamente invasivos, es indispensable evitar al máximo algún tipo de infección nosocomial, además de brindar confort térmico y comodidad a los profesionales de la salud. Por su parte, el aire es un vehículo de transmisión de microorganismos, lo cual facilita que muchas de las infecciones adquiridas en el quirófano se den por partículas contaminantes suspendidas en el aire que entran en el organismo a través de la herida quirúrgica. Estudios efectuados en EE.UU. indican que anualmente se producen 1.5 millones de infecciones adquiridas en el hospital, las cuales causan 15.000 defunciones, así mismo, contribuyen a la mortalidad de otros 45.000 pacientes [1].

Dentro de los principales parámetros que se deben regular para obtener una óptima y adecuada calidad de aire se encuentran: la humedad relativa, la temperatura, la presión, el ruido, la velocidad del aire y el número de partículas. En este proyecto se trabajó con los primeros 3. Cabe resaltar que, para garantizar una calidad de aire óptima, se debe contar con un sistema de ventilación que cumpla con: proceso de filtrado riguroso, generación de flujo de aire adecuado y cascada de presiones desde el quirófano hasta el exterior para minimizar la entrada incontrolada de aire desde áreas menos limpias. En Bogotá un estudio realizado en 2009 [2], determinó que microorganismos potencialmente nosocomiales en el área extramural e intramural de una sala de cirugía del Hospital el Tunal, donde se evidencia la influencia de las condiciones ambientales y la calidad del aire.

La transmisión de algunas infecciones puede estar favorecida por inadecuadas condiciones de humedad relativa o temperatura. Estas dos variables son de suma importancia en un recinto quirúrgico, además de estar muy relacionadas, son factores que, de estar controlados de forma inadecuada, pueden ocasionar consecuencias graves al paciente y al personal médico. De la humedad relativa se sabe que, proporciona un medio relativamente conductivo, permitiendo que las cargas estáticas dentro de la sala de cirugía lleguen a tierra tan rápidamente como se generan, las chispas se forman más rápidamente en zonas con baja humedad. La actividad de microorganismos también se ve influenciada, ya que, cuando la humedad relativa del aire aumenta, crece el agua disponible para éstos, lo que permite su hidratación y por tanto la activación de muchos de ellos [2]. Por último, también se ha establecido que el aumento de la humedad relativa en una sala de cirugía incrementa los periodos de inducción del isoflurano (gas anestésico común) y disminuye la eficiencia de eliminación del acrilonitrilo (compuesto de hidrocarburos y nitrilos generado por el humo de la electrocirugía) [3]. Por otro lado, la temperatura está muy relacionada con la humedad relativa, por lo que es difícil separar los efectos que producen ambos factores [2], y es muy importante especialmente en procesos quirúrgicos pediátricos, donde debe ser lo más constante posible, con el área previamente acondicionada a un nivel térmico confortable para que el paciente encuentre un medio adecuado y posteriormente no se aumente sus pérdidas de calor; al igual que el paciente, el personal médico debe estar en una temperatura adecuada, ya que si se incrementa y se producen transpiraciones corporales se puede afectar el ambiente quirúrgico.

Como se mencionó anteriormente la otra variable a estudiar es la presión, fundamental para la prevención del traslado de partículas o microorganismos contaminantes de un área a otra, es decir, estableciendo una escala de presiones diferenciales respecto a la presión exterior entre una sala y otra, se puede guiar el flujo de aire. La presión en un quirófano

debe ser positiva (mayor a la de sus áreas adyacentes), con el fin de evitar la entrada de dichas partículas a esta área [4].

Teniendo en cuenta los efectos que conlleva el comportamiento de estas variables, es recomendable que las instituciones de salud dispongan de un correcto, eficiente y óptimo sistema de evaluación y regulación de las condiciones ambientales, teniendo en cuenta que son áreas críticas. Para este caso se pretende implementar un sistema de monitoreo que evalúe la temperatura, la humedad relativa y la presión positiva en las salas de cirugía de una Clínica de cuarto nivel, que obtenga un registro de manera remota, permitiendo llevar a cabo un procedimiento de control práctico, efectivo y eficiente, basado en un procesamiento de información manejado a partir de internet de las cosas (IoT).

La Clínica en mención se ha consolidado como una de las más completas instituciones hospitalarias en el país. La institución, construida sobre un área de 26 mil metros cuadrados, tiene nueve pisos y un total de 266 camas, de las cuales 168 son para hospitalización, cuenta con 9 salas de cirugía, 2 de las cuales tienen clasificación de alta complejidad, es decir, se realizan intervenciones especiales; y el servicio de maternidad cuenta con 12 habitaciones con el principio TPR (Trabajo de Parto y Recuperación). La institución tiene los más altos estándares de calidad y tecnología contribuyendo a la atención en salud de los usuarios, el crecimiento económico del país y el desarrollo científico y profesional de la comunidad médica en Colombia e Iberoamérica.

Dentro de la institución se encuentra el departamento de Ingeniería Biomédica, quien se encarga de la administración, intervención y gestión de la tecnología biomédica dentro de la institución; son encargados de la verificación y mantenimiento de los equipos, además de garantizar las condiciones adecuadas para la operatividad de los mismos; adicional, la puesta en marcha de estrategias para la optimización de los procesos operativos que involucran la infraestructura biomédica del plantel hospitalario, es decir, está directamente involucrado en el control y monitoreo de las variables que inciden en la operatividad de las salas de cirugía. Actualmente, la Clínica cuenta con un sistema de registro manual de las variables ambientales dentro de los quirófanos, el cual no se constituye como un sistema de monitoreo riguroso para regular dichas variables. Debido a esto se ofrece una oportunidad de implementar uno que monitorea algunas de estas. Así mismo, poder garantizar y validar que las condiciones presentes allí se cumplan según la normatividad colombiana y los estándares internacionales, de esta manera, la institución podría adquirir no solo el beneficio de implementar una tecnología innovadora en un área crítica, sino también, contribuir al prestigio y reconocimiento de la institución.

1.1. Antecedentes

En el país existe un mercado con tecnología y sistemas similares ofrecidos por diferentes empresas que mediante internet de las cosas automatizan varios campos e industrias controlando variables críticas. En el ámbito clínico y hospitalario se tiene registro de una empresa que monitorea la temperatura y humedad en equipos médicos para evitar pérdidas de calidad y daños irreversibles de los mismos [5]. Así mismo, existe un sistema por parte de otra empresa que también evalúa las variables anteriormente mencionadas en áreas donde el centro de salud lo desee (almacén de medicamentos, laboratorios clínicos, etc.), pero a través de un servidor local [6]. No se han reportado casos hasta el momento donde se empleen este tipo de sistemas que basen su funcionamiento con IoT en una sala de cirugía de un hospital de mediano nivel en Colombia.

En la ciudad de Barranquilla se identificó un caso de un sistema de control y monitoreo, pero con un enfoque de consumo energético para un sistema de aire acondicionado (AC) orientado a IoT [7]. Se emplea el mismo protocolo de funcionamiento relacionado a la transmisión de los datos que se plantea en este proyecto, pero allí se adiciona el elemento de un actuador para el dispositivo de aire acondicionado. En esta investigación se verificó que existe una relación directa entre la temperatura externa y el consumo de energía de un sistema AC, a través de un análisis de estadístico con el software SPSS, correlacionando la temperatura externa con las variables de temperatura interna y potencia consumida por el AC. Así mismo, el sistema implementado permitió mejorar en un 20% el consumo de energía del equipo en el recinto determinado.

En el contexto internacional al igual que en Colombia existen empresas dedicadas al desarrollo de sistemas para monitoreo y medición de diferentes variables, una de las más reconocidas es VAISALA, que cuenta con oficinas en más de 150 países [8], aunque en Latinoamérica solo está presente en México y Brasil. Esta empresa de origen finlandés desarrolló un software de monitorización denominado ViewLinc, el cual originalmente fue diseñado para la industria farmacéutica y otros ambientes regulados, y donde se evalúan distintas variables en las que se encuentran la temperatura, la humedad y la presión diferencial; su base de funcionamiento es mediante la transmisión de información a través de un canal determinado modulando el mensaje por medio de una señal que varía continuamente en frecuencia. El software permite ver de manera remota tendencias en tiempo real y resúmenes gráficos de todas las ubicaciones monitoreadas. La interfaz basada en la web de ViewLinc examina las áreas monitoreadas. También es capaz de generar alertas remotas y locales por SMS, en la pantalla de PC, por correo electrónico, indicador acústico o luces [9].

Un modelo más similar al desarrollado en este proyecto se llevó a cabo en España [10], donde incluso coinciden algunos componentes y está basado prácticamente con el mismo funcionamiento, pero con un enfoque distinto ya que el objetivo era realizar sistema IoT para monitorización del estado de un centro de proceso de datos de grandes dimensiones, controlando y reportando periódicamente distintos parámetros como temperatura, humedad, consumo energético, presencia o humos entre otros. También definen diferentes tipos de alertas y la visualización de los datos a través de una aplicación web, accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet. El sistema se implementó en un sala fría y en un laboratorio de física de materiales, lugares donde este sistema reflejó un aporte significativo en cuanto a seguridad y validez al momento de realizar algunos proyectos, ya que son áreas que requieren unos niveles de condiciones ambientales específicos.

Por su parte en Latinoamérica se encontró un caso muy similar también en cuanto al protocolo de funcionamiento, de un prototipo electrónico de control y monitoreo de parámetros ambientales implementando internet de las cosas [11]. Se desarrolló para la Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea, COCESNA en el Salvador. El sistema está compuesto por un dispositivo electrónico con conectividad a Internet para la medición de magnitudes físicas ambientales a través de sensores; un portal web que contiene como principal elemento pictórico gráficas interactivas donde se puede visualizar la información que envía el dispositivo; además se describe una aplicación móvil para sistema operativo Android, los cuales interactúan en conjunto para la monitorización en tiempo real de magnitudes físicas de temperatura, humedad, entre otras. Una diferencia importante en comparación con todos modelos presentados y con el de este proyecto es que en COCESNA se estableció que el sistema se maneja con conectividad a Internet vía

Ethernet (medio guiado o con cableado) descartando la opción de realizarlo vía Wifi¹ (medio no guiado o sin cableado) debido a la existencia de un inhibidor de frecuencia de señal instalado en la Cárcel de Mujeres, cercana al lugar. Incorporar notificaciones oportunas en el portal web, vía correo electrónico y por mensaje de texto (SMS) a través de la red móvil. Una de las ventajas que implementaron son los actuadores ya que generan una orden automatizada para un controlador o regulador que activa un elemento final de control, como por ejemplo un ventilador, aire acondicionado, una válvula. Luego de acuerdo con los resultados obtenidos, se disminuyó el riesgo para la estabilidad operativa de los equipos y se puede incidir en la toma de acciones ante posibles casos de sobrecalentamiento de los mismos que afecten la disponibilidad del servicio brindado por estos.

Después de realizar la revisión se seleccionan los casos relacionados, en ninguno se identifica la aplicación en una sala de cirugía. Lo más cercano es el control de un sistema de ventilación mecánica (aire acondicionado) en un área doméstica en la ciudad de Barranquilla. Esto demuestra que aún sigue siendo un campo poco explorado en cuanto a este ámbito, y donde se da la oportunidad de incursionar con este tipo de tecnología (IoT), con el fin de adquirir y validar información sobre las variables internas y externas de una sala de cirugía.

1.2. Ventilación en salas de cirugía

Para garantizar el correcto funcionamiento de la temperatura, humedad relativa y presión en necesario que el sistema de ventilación igualmente lleve un funcionamiento óptimo, ya que la generación de estas variables depende de él. El código técnico de la edificación define ventilación como “el proceso de renovación del aire de los locales para limitar el deterioro de su calidad, desde el punto de vista de su composición, que se realiza mediante entrada de aire exterior y evacuación de aire interior” (Pág. 214). Existen dos tipos de ventilación [1]:

- **Ventilación natural:** se produce cuando la renovación de aire de un local se efectúa aprovechando las características naturales del aire, lo que hace que la renovación de aire varíe según la velocidad del viento y la diferencia de temperatura.
- **Ventilación mecánica:** emplea ventiladores y/o extractores que permiten tener la renovación de aire necesaria del aire interior de un recinto cerrado. La ventilación mecánica puede realizarse individualmente o utilizando una red de conductos para una red colectiva.

Generalmente, el aire es inyectado desde el techo de la sala y extraído por el piso. En la mayoría de los casos, el flujo de aire es laminar o unidireccional (recomendado para quirófanos tipos A), que también sirve como mecanismo de protección basado en la creación de un flujo de aire de tipo laminar sobre el paciente que minimiza la deposición de partículas sobre la herida quirúrgica tal como se presenta en la figura 1, aunque también es posible trabajar con flujos turbulentos para mantener el aire en movimiento y que las partículas que hayan logrado ingresar sean capturadas por filtros en el piso como se presenta en la figura 2.

¹ Tecnología de comunicación que permite la conexión inalámbrica de dispositivos electrónicos.

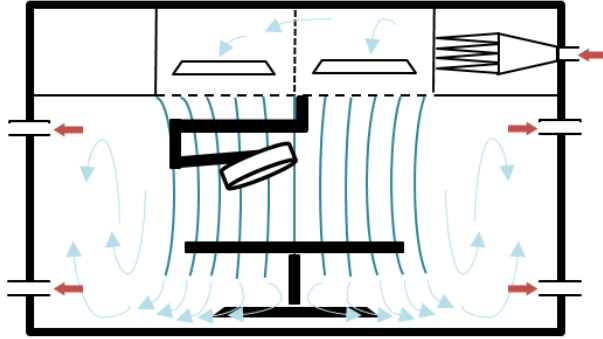


Figura 1. Esquema de la distribución del aire impulsado en un quirófano de tipo laminar [1].

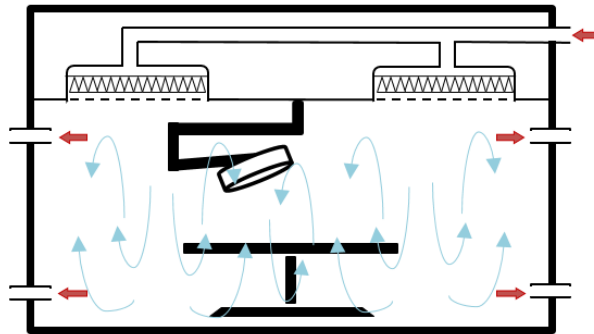


Figura 2. Esquema de la distribución del aire impulsado en un quirófano de tipo turbulento [1].

Para la conservación de los recambios de aire, la presión diferencial positiva y la prevención de la contaminación del aire de la sala, las puertas del quirófano deben permanecer cerradas, limitar el número de personas en el quirófano y no se debe barrer. Para evitar una posible epidemia, es importante que tanto el personal de la dependencia o departamento encargado del control y vigilancia de infecciones nosocomiales, como el personal que labora en las salas de cirugía; conozcan a cabalidad todos aquellos factores que pueden incidir en el desarrollo de este tipo de infecciones, para así, cuando alguno de estos se manifieste se pueda corregir a tiempo y de esta manera evitar un futuro problema epidemiológico [12].

Los procesos de limpieza convencionales son suficientes incluso después de realizar procedimientos contaminados. Si se garantiza el sistema de recambio de aire y la presión positiva, no es necesario destinar un solo quirófano para los procedimientos contaminados y una cirugía limpia se puede realizar posterior a una contaminada [13].

Con respecto a los factores ambientales además de regir el comportamiento aerodinámico de los bioaerosoles, también determinan su estabilidad y viabilidad, para ello, existen dos fundamentales principalmente y que van a ser tenido en cuenta para el desarrollo de este proyecto:

- **Humedad relativa:** es un factor muy importante. La desecación puede causar una pérdida de viabilidad en las capas más bajas de la atmósfera, especialmente durante el día. La humedad relativa de la atmósfera varía de un 10- 20 % en las regiones desérticas. El límite menor para el crecimiento de hongos es del 65 %. Las bacterias requieren una mayor humedad [2].
- **Temperatura:** la congelación no destruye los microorganismos, pero no pueden multiplicarse. Diversos estudios muestran que el incremento de la temperatura disminuye la viabilidad de los microorganismos [2].

1.3. Marco normativo

Existen una serie de resoluciones, normas y estándares nacionales e internacionales, por los cuales se deberían regir las Instituciones Prestadoras de Salud (IPS) al momento de diseñar y construir un sistema de ventilación adecuado, así mismo, para controlar unas condiciones ambientales óptimas en el área hospitalaria:

- ✓ Artículo 34 de la resolución 4445 de Colombia: por el cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título IV de la Ley 09 de 1979, en lo referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos hospitalarios y similares [14].
- ✓ NTC 5183 – 2007 Norma técnica colombiana de calidad aceptable del aire para espacios interiores: el propósito de esta norma es especificar las mínimas tasas de ventilación y los requisitos mínimos de calidad de aire interior para confort y bienestar de las personas y minimizar los riesgos que puedan afectar la salud de las mismas.
- ✓ ASHRAE STANDARD 170 – 2008: es el estándar internacional que ofrece orientación, regulación y mandatos a los diseñadores de centros de atención médica. Es, ante todo, un requisito mínimo obligatorio y, como tal, puede no ofrecer la mejor práctica de vanguardia del diseño de ventilación de atención médica [15].
- ✓ ASHRAE 62.1: es un estándar para el diseño del sistema de ventilación y la calidad aceptable del aire interior. Especifica tasas mínimas de ventilación y otras medidas para minimizar los efectos adversos para la salud de los ocupantes [16].
- ✓ El código técnico de edificación de España: es el marco normativo que establece en España las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad [17].

1.4. Tecnologías de medición y control del aire en quirófanos

Las medidas preventivas de monitoreo y control se encaminan a evitar la presencia de contaminantes e incubación de microorganismos, eliminando los factores de riesgo para los pacientes. Como ya se mencionó, el aire de los quirófanos debe ser suministrado por climatizadores, controlando así la temperatura y humedad relativa; a su vez estos contienen un sistema de filtrado, que controla la presencia de partículas en suspensión, estos filtros se conocen como HEPA (High Efficiency Particulate Air) y ULPA (Ultra Low Penetration Air). Actualmente en los quirófanos se utilizan dispositivos convencionales para el monitoreo de las condiciones ambientales llamados termohigrómetros, estos cuentan con un display en caso de ser digitales, o una aguja de medición si son analógicos, donde se pueden visualizar los valores de temperatura ambiental y humedad relativa del aire.

1.5. Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las cosas (IoT) se ha convertido en una de las tecnologías más importantes del siglo XXI. Se basa en conectar objetos cotidianos a Internet mediante dispositivos integrados, permitiendo una comunicación fluida entre personas, procesos y cosas (entiéndase como “cosa” al conjunto sensor-medio de transmisión). Esto se debe a la red de objetos físicos que llevan sensores integrados, software y otras tecnologías que pueden intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet [18]. Ahora bien, existen varias herramientas buscando que la aplicabilidad del IoT sea más amigable e interactiva con el usuario, una de ellas es Node-Red [19], la cual permite definir gráficamente flujos de servicios, a través de protocolos estándares, que puede ejecutarse en varios dispositivos y plataformas, brindando la opción de integrarse con aplicaciones de terceros. Por tal motivo el terreno que puede llegar a abarcar esta tecnología es demasiado grande, una sección puede ser la telemetría y la telemedicina, que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Implementar un sistema piloto de monitoreo remoto de temperatura, humedad relativa y presión positiva de aire en los quirófanos de una clínica de cuarto nivel a través de internet de las cosas (IoT).

2.2. Específicos

1. Identificar las características y condiciones de operatividad de las salas de cirugía de la institución.
2. Construir un prototipo del sistema a partir de los modelos de prueba validados previamente.
3. Desarrollar un método de seguimiento de trazabilidad para facilitar el control de temperatura, humedad relativa y presión, mediante el uso de IoT.
4. Realizar el registro y almacenamiento remoto de los datos durante un periodo de 3 semanas.
5. Evaluación del impacto tecnológico, social y económico del sistema dentro de la institución.

3. METODOLOGÍA

Siguiendo el cronograma establecido en el diagrama de Gantt adjunto en el anexo 1, inicialmente se realizó una revisión literaria con respecto a sistemas que basen su funcionamiento bajo el paradigma del internet de las cosas como se observa en la sección de antecedentes, y que estuvieran relacionadas con la evaluación o monitoreo de las variables de interés a trabajar en este proyecto. A partir de ello, se inició con la identificación del área de estudio.

3.1. Identificación de las condiciones de operatividad de las salas de cirugía

Las condiciones de operación del área de cirugía con respecto al funcionamiento de su sistema de climatización se deben identificar para poder establecer los criterios y requerimientos de operación y funcionamiento del sistema, este proceso se realizó en tres fases:

- a) Reconocimiento del área: Se realizó una exploración detallada de toda el área de cirugía, lo que permitió la observación detallada de la distribución, ubicación y características de infraestructura de cada uno de los quirófanos.
- b) Contacto con el personal: Se indago con las personas encargadas del acondicionamiento del aire de todas las áreas de la clínica, de esta forma se obtuvo información técnica de los sistemas instalados en el área de cirugía, esto con el fin de plantear la mejor solución al problema.
- c) Apoyo del departamento de Ingeniería Biomédica: Se expone la problemática identificada al departamento, los ingenieros suministran información referente a los protocolos de control vigentes en la institución. Teniendo en cuenta lo anterior se plantean las soluciones con base a tecnología IoT.

3.2. Requerimientos de diseño

Con el fin de ajustarse a las necesidades funcionales y técnicas se definieron los requerimientos, a partir de los recursos disponibles y adicionales:

- Cobertura de red Wifi de por lo menos 10 m.
- Envío constante y continuo de datos.
- Dispositivos fáciles de colocar y remover.
- Tamaño reducido de los dispositivos.
- Autonomía de operación de mínimo 48 horas.
- Dispositivos fáciles de limpiar y desinfectar.
- Almacenamiento de datos con capacidad superior a 800 MB.
- Visualización de datos en tiempo real.
- Visualización de los datos en gráficos consolidados.
- Consulta de tendencias de datos en periodos de tiempo definidos.
- Alerta visual y sonora de los eventos del sistema.

3.3. Arquitectura

A través de la arquitectura se define la solución bajo el paradigma de internet de las cosas, incluyendo las “cosas” como elementos tangibles y los servicios y protocolos de comunicación como elementos virtuales. Al definir una arquitectura compuesta por varias capas, se abre la posibilidad de concentrarse en el funcionamiento de cada uno de los componentes importantes de forma independiente, antes de integrarlos en la aplicación de IoT [20].

Partiendo de los requerimientos se diseña bajo una arquitectura distribuida, la cual se basa en los sensores y actuadores conectados directamente al servidor en la nube. En la figura 3 se observa la estructura básica de esta arquitectura.

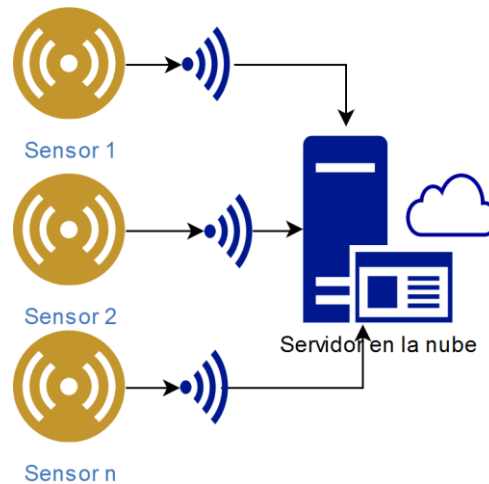


Figura 3. Arquitectura distribuida

Para la obtención de los datos de las salas se van a utilizar dos sensores, uno permitirá tomar los datos de temperatura y humedad, y el otro los datos de presión barométrica. Para el cálculo del diferencial de presión se tendrá en cuenta la medición de dos sensores de presión ya que para garantizar que existe una presión positiva se necesita uno como referencia (en el exterior del quirófano) y otro como punto de comparación (al interior del quirófano).

El proceso de visualización y almacenamiento de datos inicia luego de la lectura de los sensores, obteniendo los datos de las variables a través de un sistema electrónico embebido, los cuales serán leídos por la tarjeta Wifi, y esta transmitirá información cada 30 segundos durante las 24 horas del día por un periodo de tiempo de 3 semanas, con el fin de ser almacenados en la base de datos creada para este fin.

Desde la arquitectura se definen las diferentes capas que componen el sistema como se observa en la figura 4, cada una de estas cumple una función determinada.

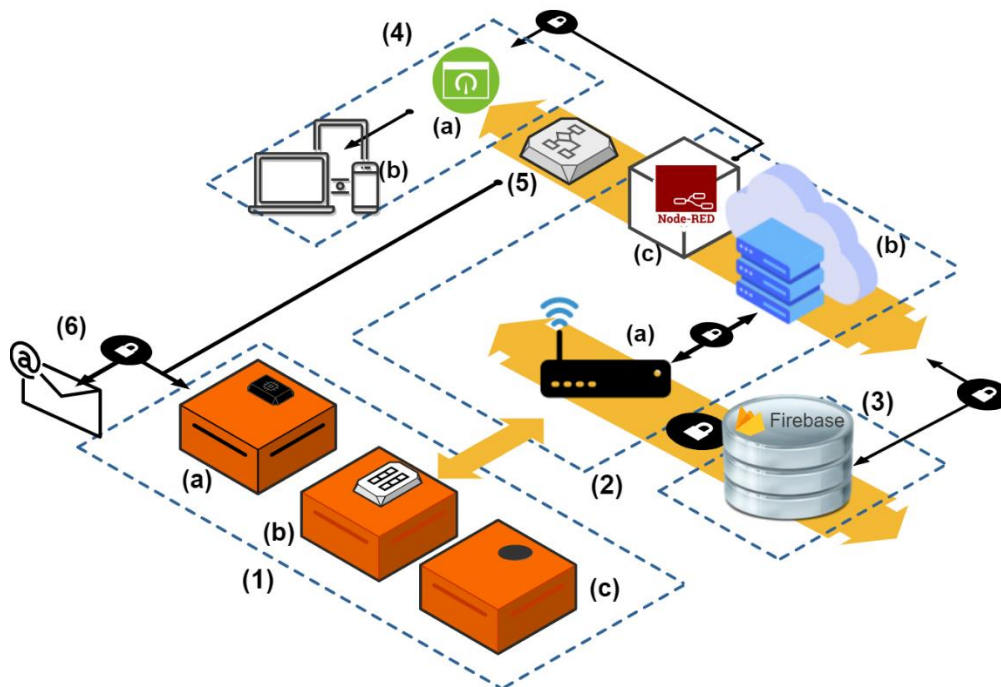


Figura 4. Esquema de capas del sistema. Instrumentación (1), comunicación (funcionamiento) (2), almacenamiento (3) y visualización (4).

3.3.1. Instrumentación

El sistema se compone de 5 dispositivos (figura 4-1), 3 de los cuales estarán ubicados cada uno en una sala de cirugía, otro en el pasillo exterior, esto con el fin de tomar los valores de presión registrados por este dispositivo como referencia. Los dispositivos harán el registro de los datos en un intervalo de aproximadamente 30 segundos. El quinto dispositivo (figura 4-1, a) constituye una alarma visual y sonora que será configurada de acuerdo con los rangos de temperatura y humedad relativa que se definen en la normatividad.

3.3.1.1. Los dispositivos

- ✓ **Interno sala:** cumplía la función de registro y envío de los datos correspondientes a temperatura, humedad y presión relativa al interior de la sala de cirugía.
- ✓ **Externo sala:** cumplía la función de registrar y enviar los datos correspondientes a temperatura y presión relativa en las áreas adyacentes a los quirófanos.
- ✓ **Alarma:** se encargaba de recibir las notificaciones generadas por el sistema y alertar de forma visual y sonora. Este dispositivo contaba con un mecanismo de interrupción de las alertas visuales y sonoras que consistía en acercar algún objeto a la tapa frontal, sin necesidad de hacer contacto.

A continuación, en la tabla 1 se describen las principales características y componentes de los 3 tipos de dispositivos que conforman el sistema:

Tabla 1. Características y componentes de los dispositivos

Tipo de dispositivo	Dimensiones (mm)	Componentes
Interno sala	65 x 48 x 33	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor de temperatura y humedad DHT22. • Sensor de presión barométrica BMP280. • Batería. • Tarjeta de transmisión Wifi ESP8266. • Módulo de carga tp4056.
Externo sala	65 x 48 x 28	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor de presión barométrica BMP280. • Batería. • Tarjeta de transmisión Wifi ESP8266. • Módulo de carga tp4056.
Alarma	65 x 48 x 28	<ul style="list-style-type: none"> • Bocina módulo Buzzer. • Sensor digital de proximidad. • Luces de alarma LED. • Batería • Tarjeta de transmisión Wifi ESP8266. • Módulo de carga tp4056.

En la figura 5 se observa el esquema general para los dispositivos de obtención de datos y de alarma:

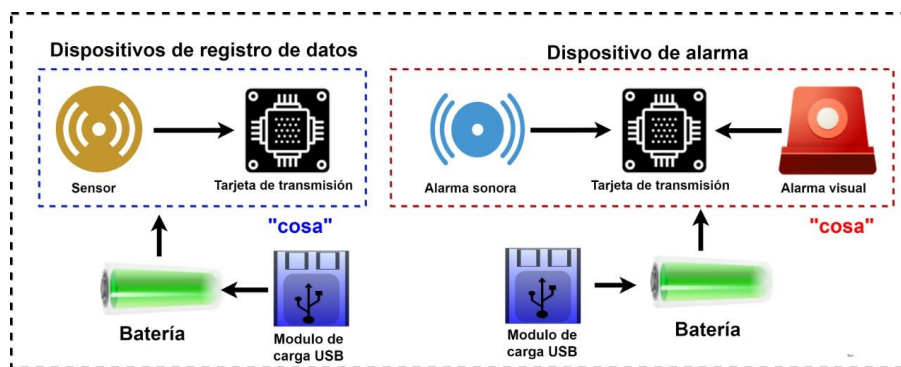


Figura 5. Capa de instrumentación².

² USB: *Universal Serie Bus* por sus siglas en inglés, puerto que permite conectar periféricos a un computador o a una fuente de alimentación.

El prototipo final implementado cuenta con una carcasa, impresa en 3D con un material conocido como PLA³. El diseño se materializó con base a los criterios sugeridos por el grupo de trabajo y en conjunto con la colaboración de los auxiliares de laboratorio de la Universidad del Rosario; cada tipo de dispositivos tiene una derivación de diseño de acuerdo a sus componentes.

3.3.1.2. Análisis de validación y confiabilidad

Los sensores DHT22 poseen mejores características de incertidumbre en comparación con los métodos de control de condiciones ambientales convencionales, específicamente haciendo referencia a los termohigrómetros (ver anexos 2 y 3), sumado a esto no existe un proceso que permita corregir la medición del dispositivo. Para el caso de los sensores de temperatura y humedad que se emplearon en el sistema, fueron sometidos a un proceso de calibración con el apoyo de un laboratorio de Metrología y Calibración Biomédica que se encuentra en proceso de acreditación por la ONAC.

El procedimiento que se utilizó fue el siguiente: se introdujeron en una cámara ambiental igual a la de la figura 6, por un periodo de 24 horas, que corresponde al ciclo de calibración establecido por el laboratorio, la cámara cuenta con dos patrones de referencia certificados igualmente por una entidad metrológica independiente. Se tomaron mediciones en 3 puntos de temperatura (15°, 23° y 35° C) y 3 puntos de humedad relativa (30%, 50% y 75%), cada uno con un tiempo de estabilización de aproximadamente 4 horas. Según la lectura obtenida, se realizó la corrección de medida de cada sensor.

De esta forma se garantizó que la temperatura y la humedad relativa registrada en el sistema fuera la correcta durante todo el periodo de la prueba piloto. Cabe resaltar que para este mismo sensor existe una característica operacional descrita en el datasheet [21], que altera la medición de temperatura, la cual es de $\pm 0.3^\circ \text{C}$ por año, cifra que no es significativa debido a la duración de la prueba piloto.

³ Ácido poliláctico, termoplástico biodegradable, empleado generalmente en impresión 3D.



Figura 6. Cámara de calibración.



Figura 7. Calibración de sensores en el prototipo de prueba.

En el anexo 2 se encuentran las especificaciones más relevantes de los sensores a utilizar en el sistema donde se evidencia que el rango de incertidumbre absoluta es muy bajo, lo que también indica que los datos van a tener alto grado de exactitud. Al igual, los certificados de calibración en el anexo 4, donde se presentan los resultados de la calibración realizada. Las respectivas correcciones para cada sensor se encuentran organizadas en las tablas del anexo 5, allí se puede ver que los sensores no presentaban desfases mayores a 1° C y 3% HR.

Para el caso de los sensores de presión se realizó un proceso de verificación, el cual tenía como objetivo lograr la precisión de la medición de los sensores entre sí. Se colocaron los dispositivos en un quirófano que se encontraba en ciclo de climatización constante, a la misma altura y uno junto al otro, se eligió

el registro más estable como patrón teniendo en cuenta que fue el sensor que presentó menor fluctuación en un periodo de 5 minutos, y luego de 20 minutos de estabilización de la muestra, se corrigió la medida de los otros 3.

3.3.2. Transmisión y manipulación de datos

La tarjeta ESP8266 cuenta con características de conectividad vía Wifi lo cual permite leer los datos registrados por los sensores y enviarlos a través de un protocolo de comunicación utilizado en IoT denominado como “protocolo de transporte de mensajes” más conocido como MQTT por sus siglas en inglés, donde basa su principio de interacción entre Cliente/Servidor o bien, entre publicaciones y suscripciones.



Figura 8. Capa de transmisión y manipulación de datos.

El protocolo MQTT envía la información de los sensores a un servidor en la nube a través de un puerto en internet, estos datos son organizados y enviados como “mensajes” en formato JSON⁴, indicado para este protocolo de envío de información, este formato organiza los datos a través de una “clave” que representa el nombre del parámetro y un “valor” que en este caso contiene el valor numérico de las variables, se puede observar un ejemplo en la figura 9. Un bróker⁵ propio del servidor permite la recepción y registro de estos mensajes. En la figura 8 están relacionados los componentes de esta capa, así mismo en la figura 9 la descripción de la estructura del formato JSON.

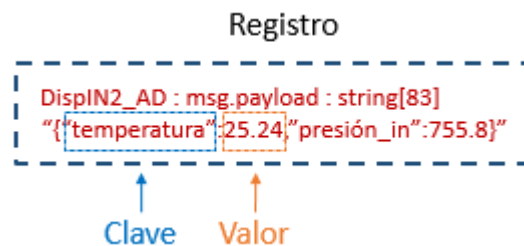


Figura 9. Formato JSON

⁴ Siglas de *JavaScript Object Notion*, formato de texto sencillo para intercambio de datos.

⁵ Intermediario de mensajería entre publicadores y suscriptores IoT.

Los datos recibidos son registrados y manipulados utilizando la herramienta Node Red de desarrollo en IoT, donde se hace la conversión para habilitar su operación matemática y así obtener el valor del diferencial de presión. El envío al medio de almacenamiento se hace en el mismo formato de datos.

El entorno de desarrollo de Node red (ver figura 10) permite la manipulación de los datos valiéndose de la interacción de herramientas computacionales, donde se ejecutan paquetes funcionales denominados nodos. En particular el cálculo del porcentaje de presión diferencial se halla mediante una función que ejecuta una operación matemática cuando ha detectado la llegada de los dos datos requeridos (presión relativa interna y externa), es decir, el valor se actualiza luego de que los registros de los dispositivos internos y externos sean recibidos.

La manipulación y configuración de los datos incluye la construcción de la estructura del formato JSON para el direccionamiento al medio de almacenamiento, este formato contiene las propiedades: identificador de sala, temperatura, humedad relativa, porcentaje de presión diferencial, hora y fecha.

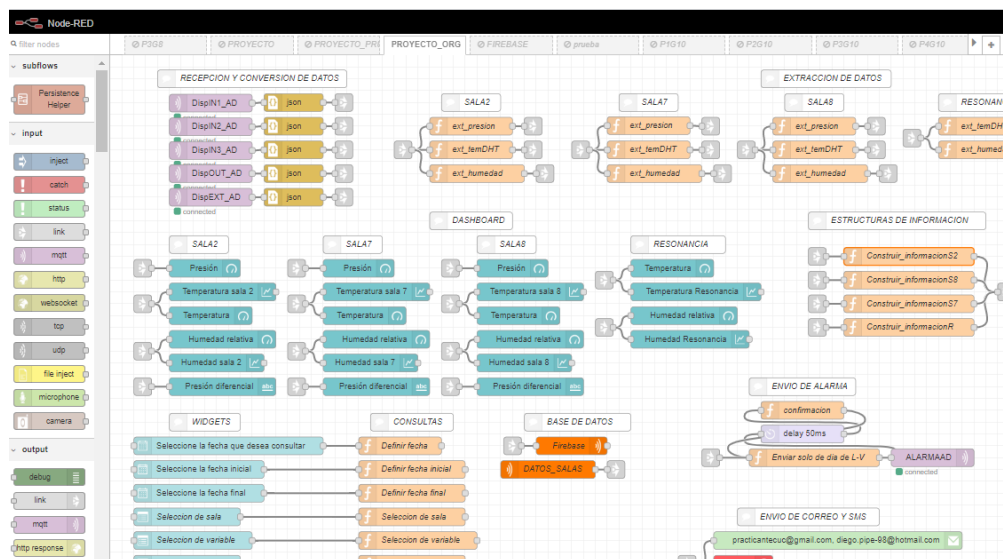


Figura 10. Entorno de desarrollo Node-red

3.3.3. Almacenamiento

Para almacenar la información recopilada durante el periodo de implementación del sistema, fue requerida una base de datos que organizara y permitiera la consulta o modificación de cada registro guardado. Existen dos posibles medios de almacenamiento, bases de datos relacionales y no relacionales. Las primeras almacenan y proporcionan acceso a puntos de datos relacionados entre sí. Las bases de datos relacionales se basan en el modelo de forma intuitiva y directa que representa datos en tablas. Por otro lado, en una base de datos relacional, cada fila de la tabla es un registro con un ID único llamado clave. Las columnas de la tabla contienen los atributos de los datos y cada registro tiene normalmente un valor para

cada atributo, lo que permite establecer fácilmente las relaciones entre los puntos de datos.

Una base de datos no relacional es aquella que no usa el esquema tabular de filas y columnas que se encuentra en la mayoría de los sistemas de base de datos más tradicionales. En su lugar, las bases de datos no relacionales usan un modelo de almacenamiento que está optimizado para los requisitos específicos del tipo de datos que se almacena.

Considerando las características ofrecidas por cada uno de los tipos de bases de datos, se relacionaron los requerimientos del sistema y la información que será almacenada; al tratarse de información que requiere ser guardada en tiempo real, debe estar segura, fácil de consultar y disponible para realizar modificaciones en su estructura, se considera como opción más viable la base de datos no relacional, albergada en un servidor de Google, llamada Firebase RealTime DataBase⁶. Esta nos brinda la posibilidad de administrar la información con un límite amplio de consultas y conexiones simultaneas, además de 1 Gb de espacio de almacenamiento, lo que es suficiente para soportar los requerimientos. El esquema de esta capa se puede observar en la figura 11.

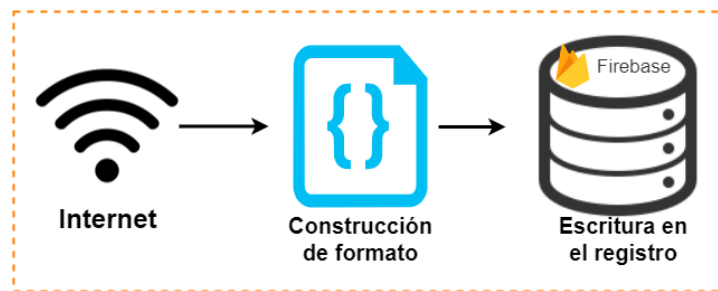


Figura 11. Capa de almacenamiento.

3.3.4. Visualización

Con el fin de brindarle la posibilidad al usuario de obtener los resultados generados por el sistema de forma integral y organizada, se desarrolló una interfaz, la cual cuenta con tres ventanas diferentes cumpliendo cada una con una funcionalidad determinada como se observa en la figura 12.

Ventana de central de monitoreo

Permite observar a través de varios esquemas, los datos de temperatura, humedad relativa, presión relativa y porcentaje de presión positiva, que fueron recopilados en tiempo real en cada una de las salas.

⁶ Base de datos que almacena en tiempo real la información organizada.

Ventana de gráficas

Como su nombre lo indica, esta ventana muestra a través de gráficas los datos consolidados durante un periodo de tiempo de 24 horas, es decir, la ventana de cada gráfico está definida por ese periodo, actualizando los datos cuando estos son recibidos. Existen dos grupos: temperatura (tiempo en horas vs. Temperatura en °C) y humedad relativa (tiempo en horas vs. % de Humedad relativa). En cada grupo se ubica la gráfica de cada sala.

Ventana de consultas

Esta ventana habilitaba al usuario para consultar la información de temperatura y humedad relativa en un periodo de tiempo determinado. Existen tres criterios de selección para la búsqueda de información, la sala, la variable a consultar y el periodo de tiempo deseado, seleccionando una fecha inicial y otra final. El resultado se muestra mediante una gráfica con los datos de temperatura y humedad consolidados en este periodo.

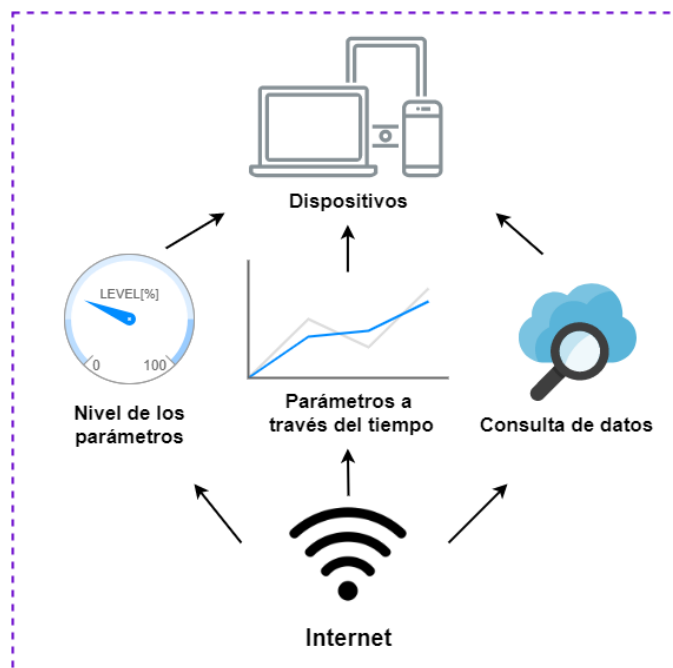


Figura 12. Capa de visualización.

3.4. Ensamblaje de los dispositivos

Una vez teniendo el modelo final de la carcasa, se procede a ubicar componente por componente a través de las ranuras que los fijan. Inicialmente para el dispositivo de registro interno se ensambla la tarjeta Wifi, luego el módulo de carga, posteriormente los dos sensores, que se conectan a la tarjeta Wifi de tal manera que se garantice un contacto

permanente y conexiones confiables. El sensor de temperatura y humedad debe ubicarse en el orificio de la tapa frontal de la carcasa. Finalmente, mediante pines hembra macho se conecta el interruptor y se ubica la batería en la tapa posterior y de esta forma se unen las tres partes de la carcasa. El dispositivo de registro externo y el de alarma siguen un proceso muy similar de ensamblaje.

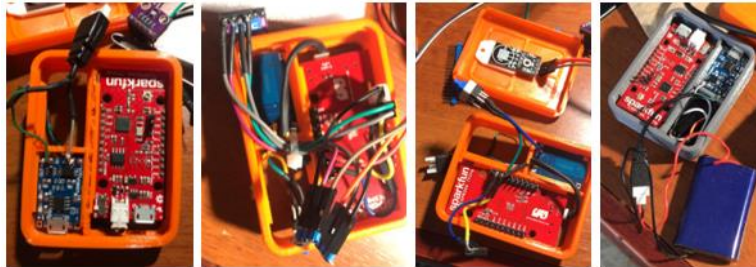


Figura 13. Proceso de ensamblaje del dispositivo interno de registro.

El diseño de la carcasa permite un desarmado fácil, sin necesidad de asegurar con tornillos o tuercas, solamente se requiere un ajuste mecánico de las tres piezas que la conforman. Adicionalmente cuenta con una entrada tipo mini USB que permite cargar la batería con un regulador de voltaje común y corriente, cuando la batería este cargando una luz roja indicara el proceso, una vez finalizado se indica con una luz azul. El interruptor se encuentra en el costado opuesto del periférico de carga, cuando es activado una indicadora de color rojo se encenderá.

3.4.1. Configuración de los dispositivos

Los dispositivos requieren ser configurados inicialmente, esto con el fin de conectarlos a la red Wifi correspondiente, se realizó siguiendo los dos pasos siguientes:

- I. Luego de encender el dispositivo, a través de cualquier dispositivo móvil se conecta el Wifi a la red asignada en cada dispositivo, luego de unos segundos aparecerá una interfaz como se muestra en la figura 14.

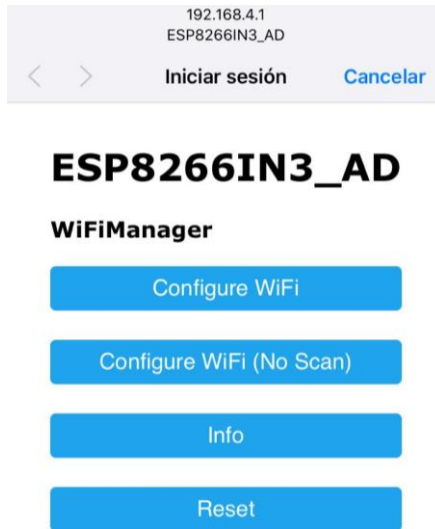


Figura 14. Interfaz principal para configuración Wifi

- II. Una vez seleccionada la opción “Configure Wifi”, aparecerán las redes Wifi disponibles para conectarse tal como se muestra en la Figura 15; el porcentaje hace referencia a la de intensidad de la red. Por último, se selecciona la red deseada y se realiza el Login.



Figura 15. Interfaz para selección de red Wifi

3.5. Diagrama general del funcionamiento del sistema

En la figura 16 se presenta el diagrama de flujo que expone de forma detallada el manejo que se les aplica a los datos adquiridos y del funcionamiento del sistema:

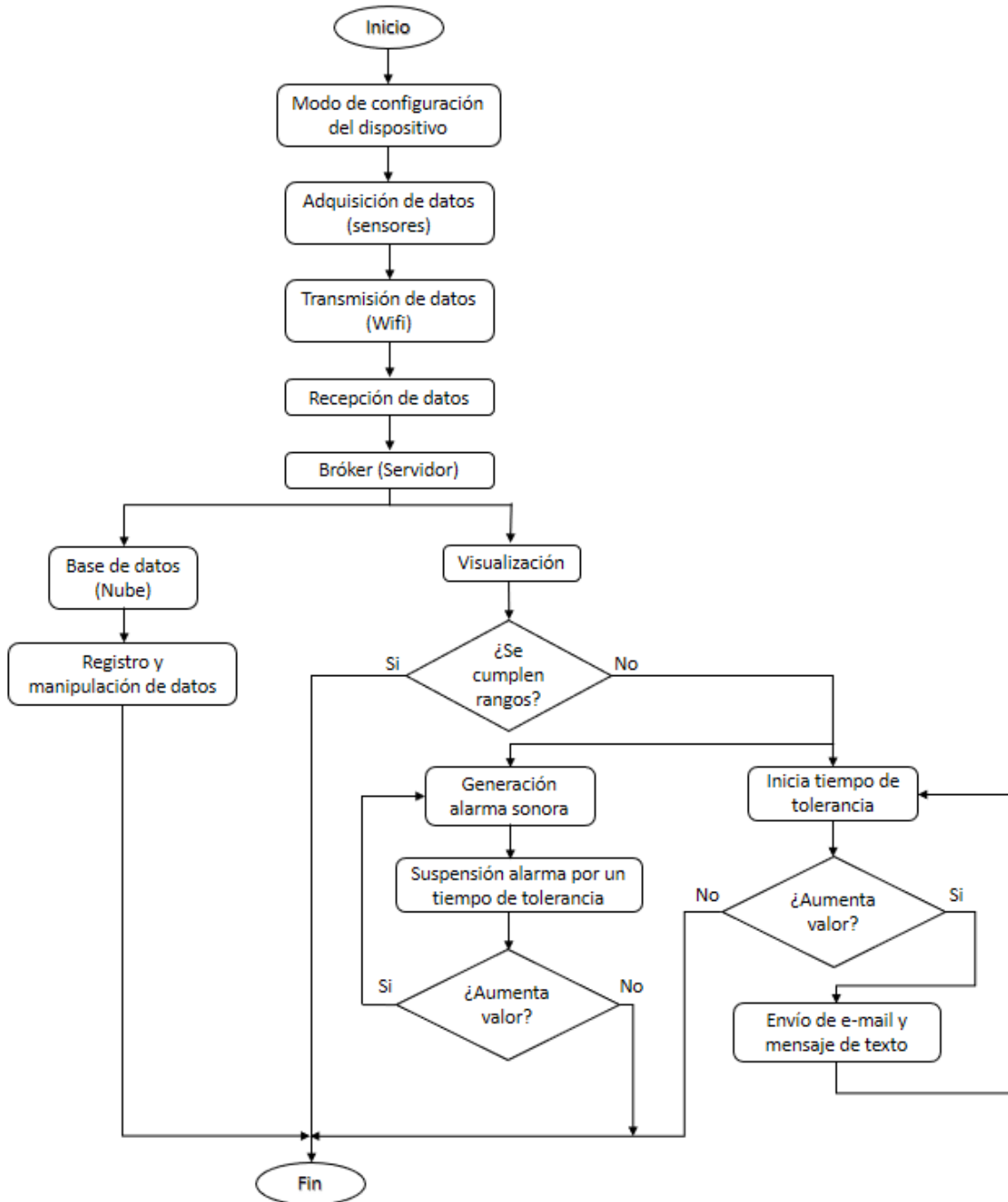


Figura 16. Diagrama de flujo funcionamiento general del sistema.

3.6. Implementación

La etapa de implementación se compone 2 fases indispensables para el éxito de la prueba.

3.6.1. Criterio de selección de salas

Si bien el objetivo principal era la implementación del sistema en las salas de cirugía de la institución, es de resaltar que allí existen dos de ellas que corresponden a salas de procedimientos especiales, por esta razón poseen requerimientos en las condiciones ambientales diferentes a las demás. La clínica concentra esfuerzos en la regulación y mantenimiento de sus equipos de climatización para proveer las condiciones óptimas tanto de los quirófanos especializados como de los no especializados. Sin embargo, surge la posibilidad de contribuir al control de estas condiciones a través del uso de la tecnología, supliendo así los requerimientos y esfuerzos de la institución. Además, al mismo tiempo evaluar la funcionalidad y los alcances del sistema incluyendo dos tipos de salas en la prueba piloto. Se seleccionaron las salas 7, 8 (salas de procedimientos especializados) y 2 (sala de procedimientos normales).

3.6.2. Instalación de dispositivos

La instalación de los dispositivos se realizó teniendo en cuenta previamente el protocolo de desinfección (ver anexo 6). Por otro lado, se consideró el posicionamiento de los dispositivos dentro de las salas, con el fin de obtener una homogeneidad de los datos, esto para los dispositivos de registro. Los módulos (sensores) se colocaron en las paredes opuestas a la puerta de ingreso, a media altura aproximadamente (1,70 m), al igual que el dispositivo externo.

El dispositivo de alarma se ubicó en el departamento de Ingeniería Biomédica, asegurando percepción de las alertas visuales y sonoras por parte de los miembros del departamento. Todos los dispositivos se aseguran a la superficie utilizando cinta velcro fijada a la parte posterior del dispositivo y a la pared o lugar designado para su colocación, esto con el fin de facilitar su manipulación en caso de ser necesario. También se tuvo en cuenta ubicarlos cerca de una toma de red eléctrica para facilitar el proceso de carga de la batería.

3.7. Pruebas de desempeño

Para la puesta en marcha del sistema fue necesario realizar pruebas de conectividad de la red en periodos de tiempo aleatorios. De igual manera para una validación primaria se ejecutan pruebas de desempeño del dispositivo, como las descritas a continuación:

3.7.1. Prueba de conectividad

Se realizaron test de velocidad de subida y de bajada en intervalos de tiempo de 30 minutos durante 2 horas, para identificar si la velocidad de conexión de la red Wifi era constante. Esto con el fin de verificar que la conexión del punto de prueba (muy cercano a la ubicación del dispositivo), al router de internet fuera estable y no presentará altibajos. Las pruebas se realizaron a través del servidor propio del proveedor del servicio de internet.

3.7.2. Prueba de desempeño del sistema.

Consistió en realizar el registro manual de la temperatura y humedad relativa de cada una de las salas involucradas en el estudio, durante un periodo de 3 horas en intervalos de tiempo de 10 minutos; lo anterior con el fin de establecer una comparación de la tendencia de los datos propios de los equipos con los que cuenta el área actualmente y el sistema implementado.

4. RESULTADOS

4.1. Operación e infraestructura de las salas de cirugía

En sentido de la metodología para la identificación de las condiciones de operación e infraestructura del área, en primer lugar, se realiza el reconocimiento general, la cual hizo posible observar y referenciar la distribución de los quirófanos, la central de enfermería, zonas de almacenamiento de equipos e instrumental. Luego se procedió a identificar la infraestructura interna de cada sala de cirugía, allí se observó que cada quirófano cuenta con 4 difusores de aire en la parte superior, distribuidos de forma rectangular en la mitad del área. También cuentan con 2 rejillas laterales de extracción en la parte inferior de la cada sala.

Al indagar con la persona encargada de la climatización de todas las áreas de la clínica se obtuvo la información referente al sistema implementado en el área de cirugía, el sistema de climatización consta de 4 manejadoras de aire que se encargan de distribuirlo en todas y cada una de las salas a través de los difusores, además de una máquina condensadora que enfría y ajusta la humedad. El sistema está programado para funcionar durante las 24 horas del día, en ciclos y niveles determinados; cuenta también con 3 etapas de filtrado HEPA y ULPA que inicia desde la toma de aire en la cubierta del edificio y finaliza justo antes de la salida de aire dentro del quirófano.

El departamento de ingeniería biomédica describió los protocolos de control y registro de las condiciones ambientales de las salas de cirugía. De esta manera se determinó que la temperatura y humedad relativa son registradas a partir de termohigrómetros de uso común, como se presenta en la figura 17.

Estos dispositivos (termohigrómetros), no corresponden a equipos diseñados específicamente para el área clínica, además no permiten ningún tipo de interacción con el usuario aparte de la que hay con el display, dificultando la alerta por parte del personal médico sobre el cambio en las condiciones ambientales de la sala, lo que hace difícil establecer una trazabilidad en las mediciones [22].

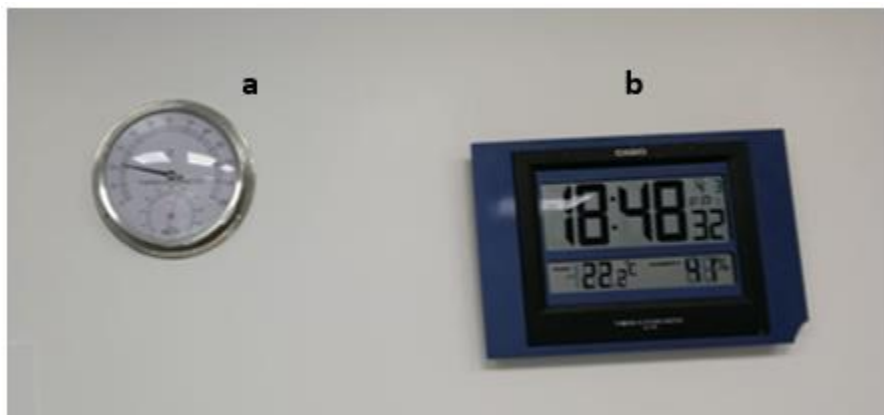


Figura 17. Termohigrómetros: Analógico (a) y Digital (b).

4.2. Los dispositivos

4.2.1. Dispositivos ensamblados

En la figura 18 se muestran los dispositivos instalados, entre los cuales se encuentra los dispositivos internos y el externo.



Figura 18. Dispositivos de registro interno; (a) temperatura y humedad y de registro externo (b) presión.

4.2.2. Dispositivos instalados

En la figura 19 y 20 se evidencia los dispositivos internos instalados dentro de las salas de cirugía, al igual que el dispositivo externo ubicado en el pasillo y la alarma en las oficinas del departamento de Ingeniería Biomédica:



Figura 19. Dispositivos instalados: sala 2 (a), sala 7 (b) y exterior (c).

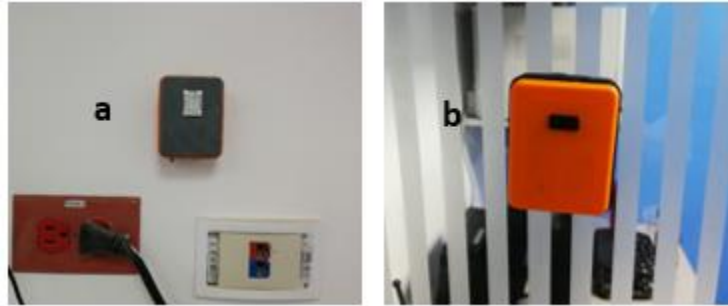


Figura 20. Dispositivos instalados: sala 7 (a) y alarma (b).

4.3. Visualización

Como se mencionó anteriormente en la sección de metodología, la interfaz cuenta con tres ventanas. En la figura 21 se puede observar la ventana principal de visualización, allí se muestran los valores en tiempo real de todas las variables en cada sala. De igual forma, en la figura 22 se visualizan los datos por medio de gráficas, permitiendo evaluar su comportamiento durante un periodo de tiempo determinado, el eje x que corresponde a la hora se actualiza cada vez que se registra un nuevo dato. Por último, en la figura 23 se observa la ventana que permite realizar las consultas en un rango de tiempo deseado.

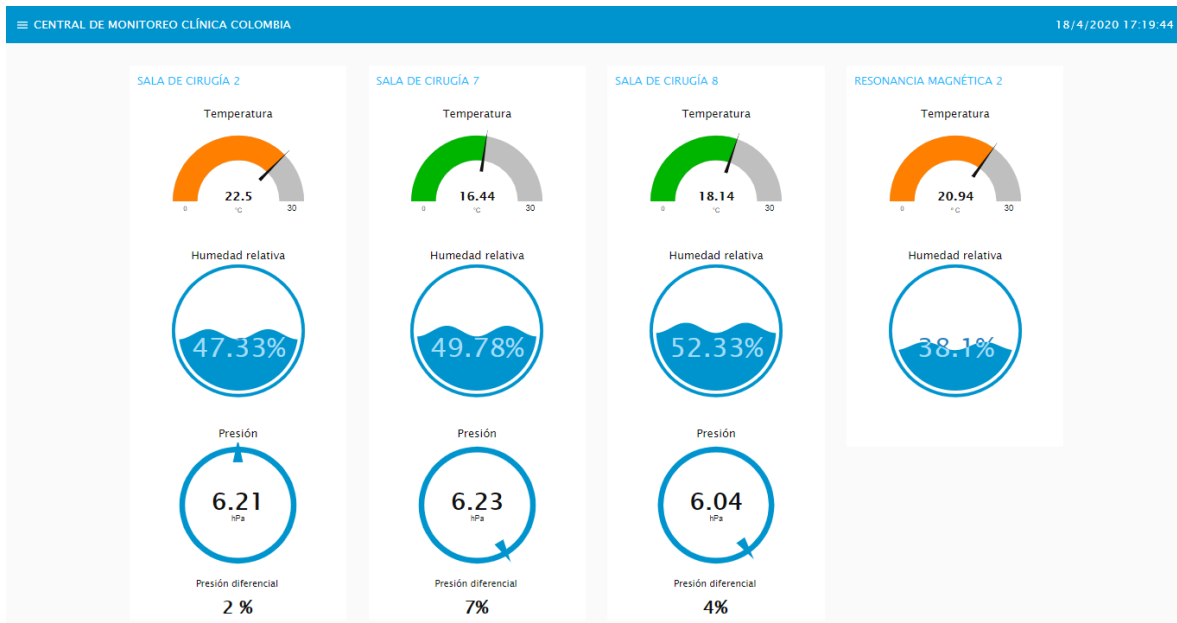


Figura 21. Ventana de información de temperatura, humedad y presión positiva en tiempo real de las salas de cirugía.

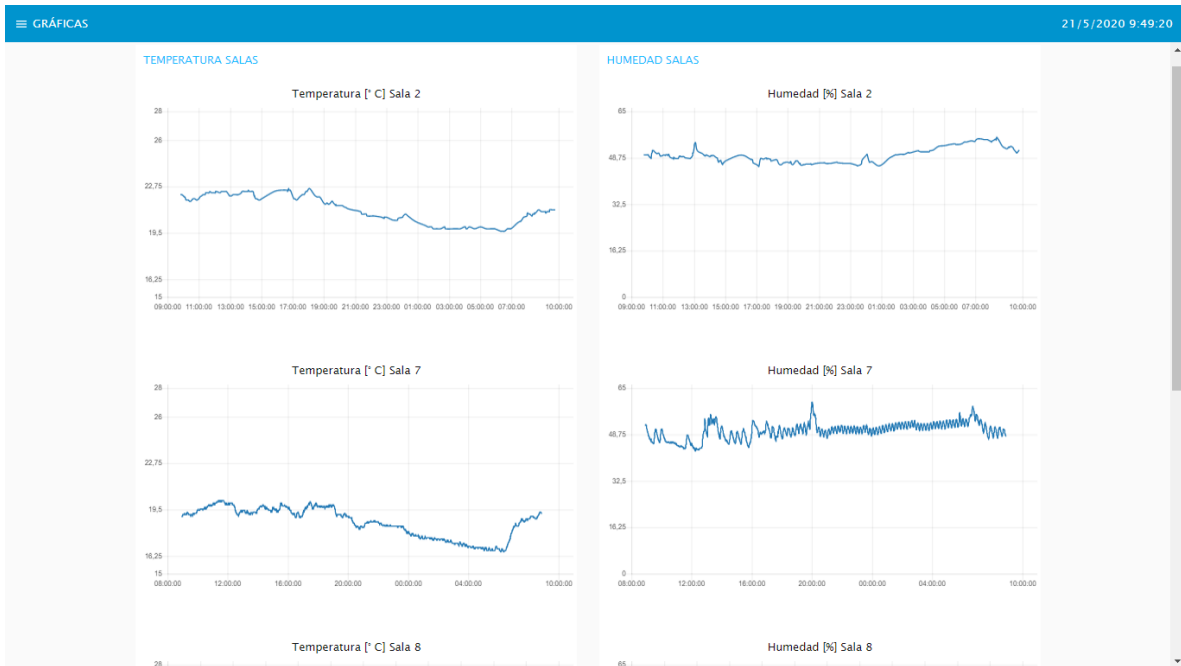


Figura 22. Ventana de gráficas de temperatura y humedad en tiempo real.

Figura 23. Ventana de consultas.

4.4. Alarmas y notificaciones

- **Alarma:** a continuación, en la figura 24 se observa la alerta visual del dispositivo de alarma



Figura 24. Alertas visuales dispositivo de alarma.

- **Notificaciones:** Como se mencionó en la sección de metodología, el sistema cuenta con una serie de notificaciones aparte del dispositivo de alarma. En la figura 25 se muestran algunos ejemplos de las notificaciones vía mensaje de texto y correo electrónico; la figura 26 corresponde a una notificación visual que esta acompañada de otra sonora para la interfaz gráfica, estas se generan cuando el sistema detecta una temperatura inadecuada.

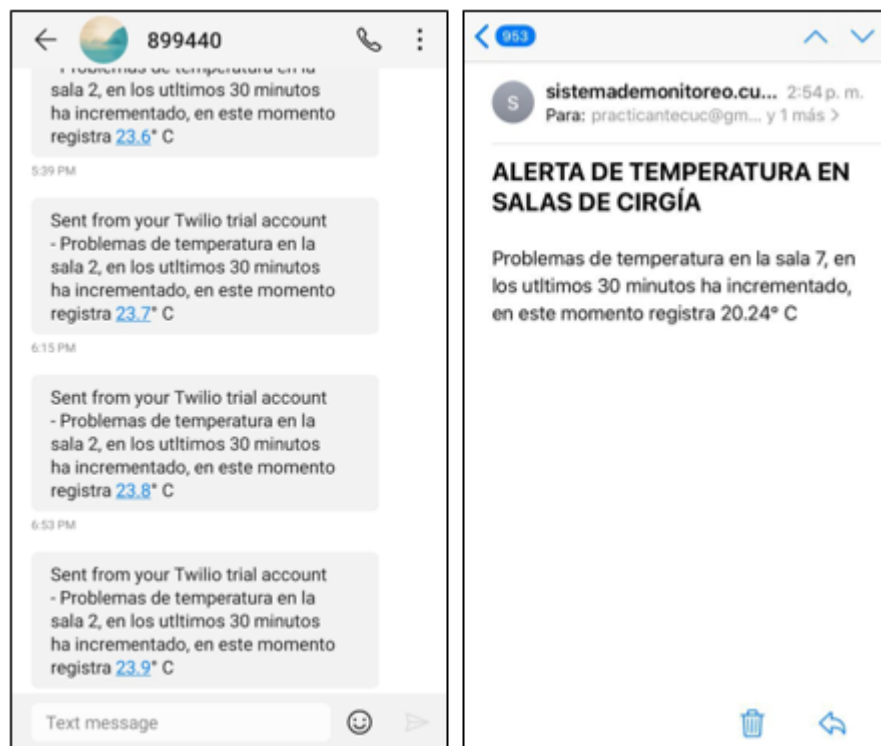


Figura 25. Notificaciones vía mensaje de texto y correo electrónico.



Figura 26. Notificación visual en la interfaz gráfica.

4.5. Almacenamiento

Como se mencionó en la sección de metodología se empleó la base de datos Firebase, donde se almacenaron los datos de manera independiente para cada sala como se observa en la figura 27:

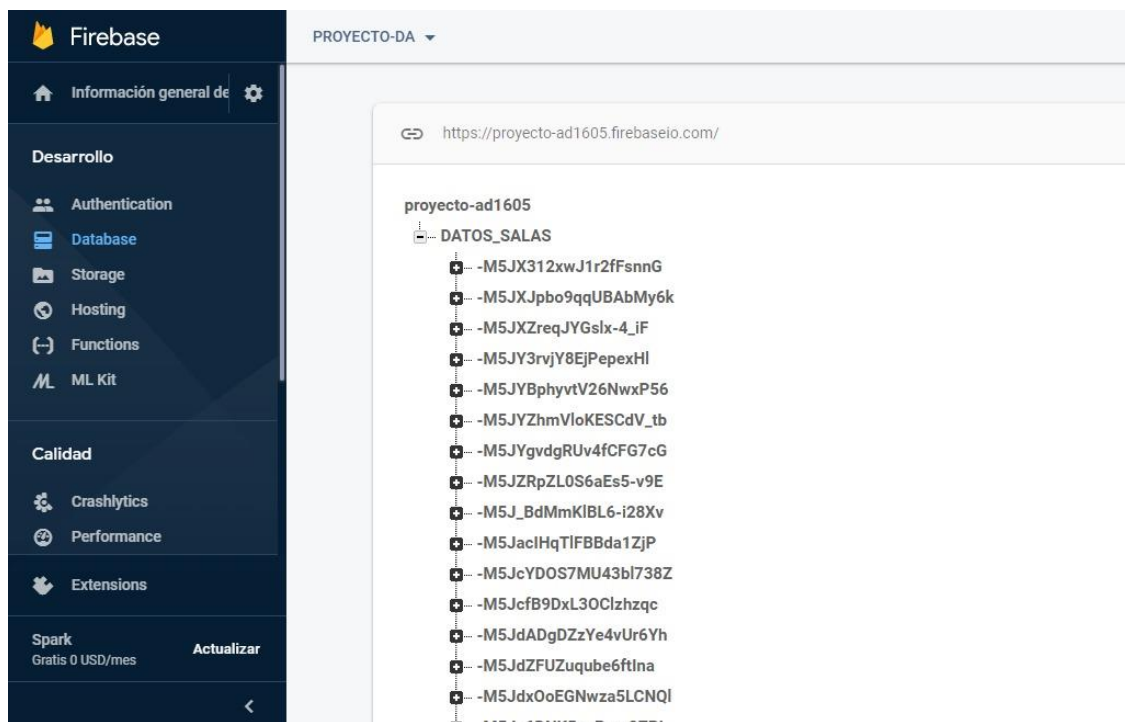


Figura 27. Interfaz base de datos Firebase con el registro de todas las salas de cirugía.

4.6. Pruebas de desempeño

A continuación, se presentan los resultados de las diferentes pruebas descritas en la sección de metodología.

4.6.1. Prueba de conectividad

Los resultados de las velocidades para cada una de las salas se evidencian en la tabla 2.

Tabla 2. Velocidades de carga y descarga en cada sala de cirugía.

No. De prueba	CARGA (Mbps)			DESCARGA (Mbps)		
	Sala 2	Sala 7	Sala 8	Sala 2	Sala 7	Sala 8
1	7.33	6.16	7.32	24.79	8.87	10.25
2	6.52	6.59	6.81	22.30	9.15	9.48
3	8.02	5.85	6.91	23.52	7.85	9.67
4	7.28	6.20	7.45	24.54	9.02	10.12

4.6.2. Prueba de desempeño del sistema

En el anexo No. 7 se encuentra el registro detallado de los resultados obtenidos para cada sala. De acuerdo a ellos, se realizaron las tablas 3 y 4, con el fin de comparar la media y dispersión de los datos de temperatura y humedad relativa medidos por cada método.

Tabla 3. Análisis estadístico para los datos de temperatura medidos por el termohigrómetro (TH) y el sistema.

TEMPERATURA				
Sala de cirugía	Media (°C)		Desviación estándar	
	TH	Sistema	TH	Sistema
Sala 2	20.78	20.67	0.096	0.152
Sala 7	18.45	18.02	0.051	0.103
Sala 8	19.27	18.66	0.138	0.103

Tabla 4. Análisis estadístico para los datos de humedad relativa medidos por el termohigrómetro (TH) y el sistema.

HUMEDAD RELATIVA				
Sala de cirugía	Media (%)		Desviación estándar	
	<i>TH</i>	<i>Sistema</i>	<i>TH</i>	<i>Sistema</i>
Sala 2	43.79	54.41	0.419	0.791
Sala 7	46.32	50.46	0.478	0.747
Sala 8	39.05	56.50	0.705	0.437

De acuerdo con la información de la tala 3 se observó que las condiciones ambientales en condiciones estáticas de las salas corresponden a los niveles usuales trazados por la institución, evidenciando que las salas de procedimientos especializados (7 y 8) mantienen una temperatura menor que la sala de procedimientos normales (sala 2) como está estipulado en sus lineamientos. La desviación estándar sugiere que la temperatura y humedad registradas por el sistema tienden a ser más fluctuantes.

Adicionalmente, se generaron una serie de gráficas con el fin de comparar las mediciones utilizando los dos métodos de medición

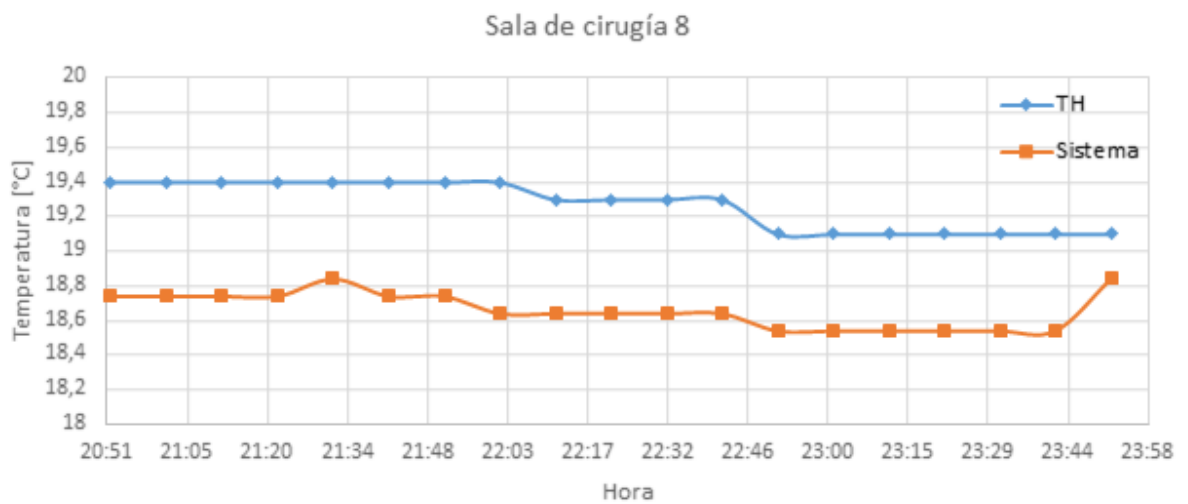
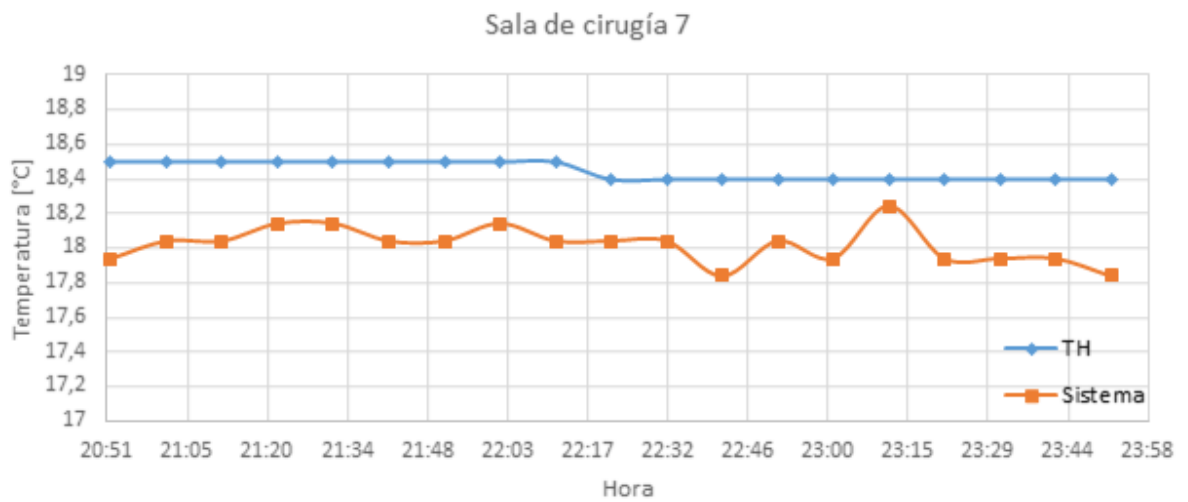
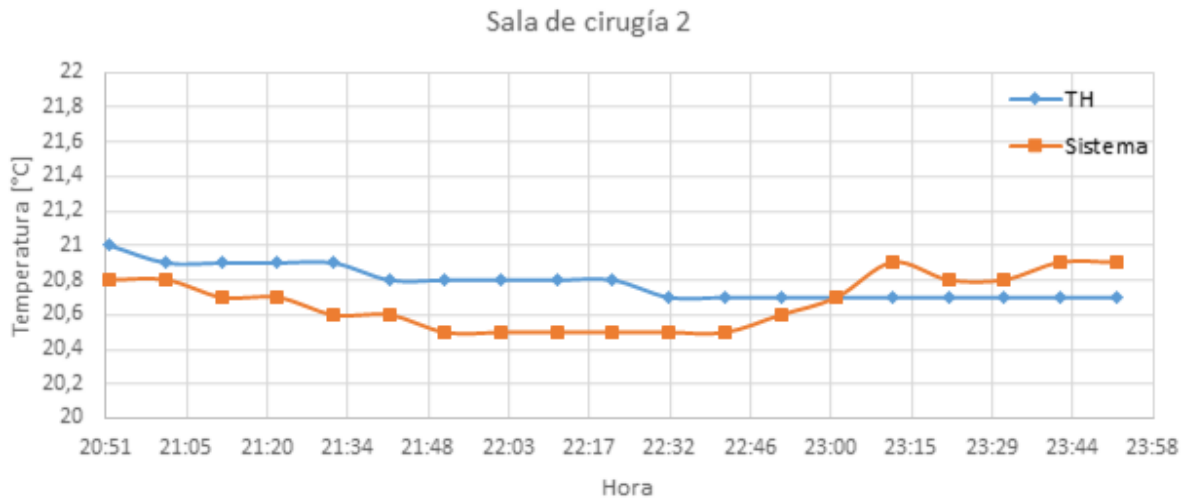


Figura 28. Medición de temperatura con los dos métodos en cada una de las salas.

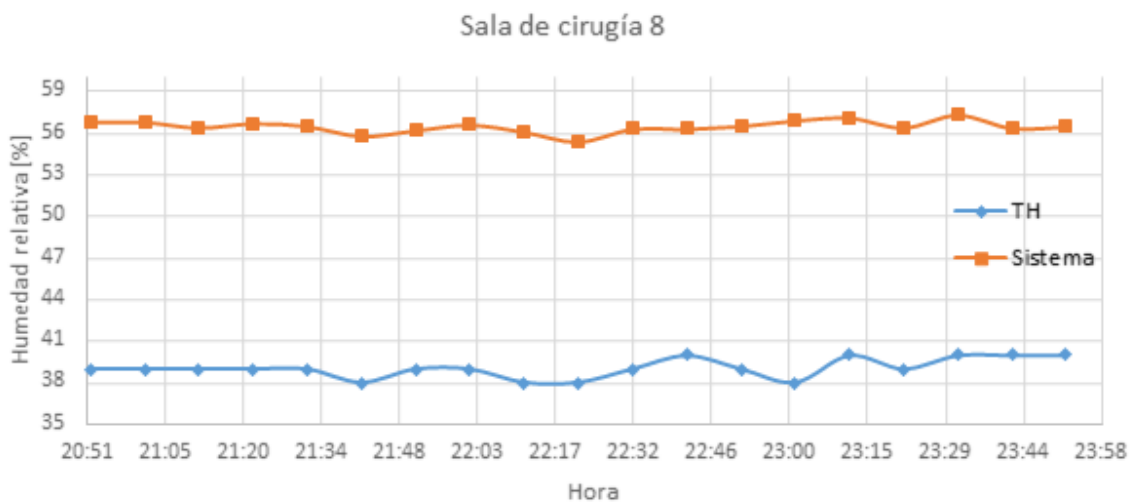
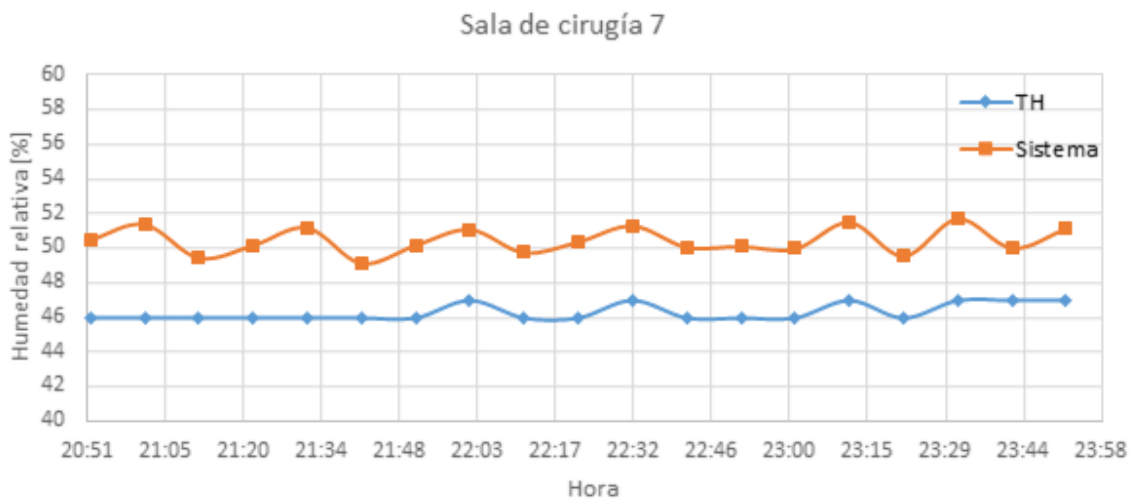
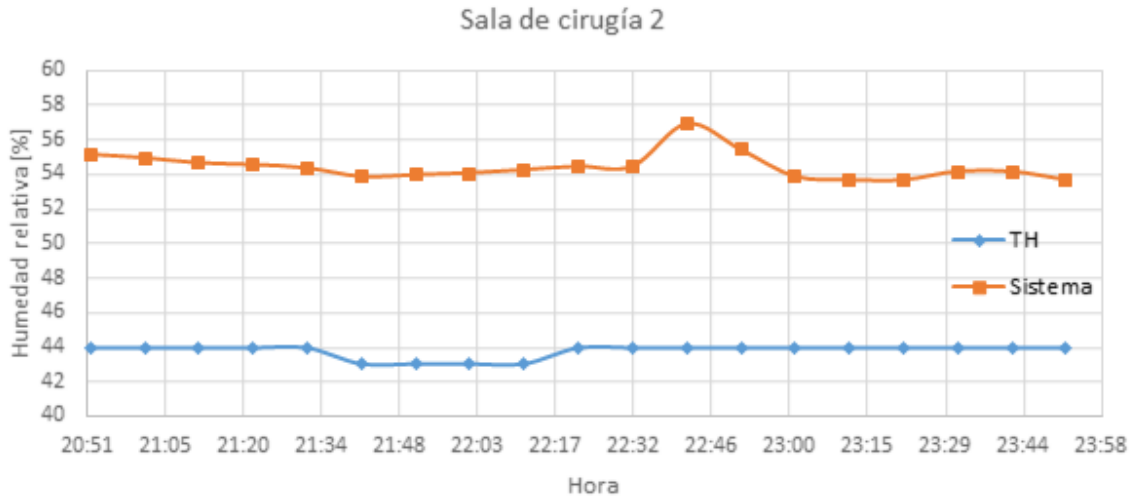


Figura 29. Medición de humedad relativa con los dos métodos en cada una de las salas.

Las figuras 28 y 29 describen la medición de los dos métodos, claramente se identifican las diferencias, tanto en los valores registrados, que en el caso de la humedad es más evidente; como en el comportamiento a través del tiempo. También se puede observar que para temperatura la medición del termohigrómetro siempre tiende a superar la del sistema y en humedad a ser inferiores siempre.

4.7. Evaluación de presión positiva en las salas de cirugía

Para poder analizar el comportamiento que lleva a cabo el porcentaje de presión positiva en cada una de las salas se plantearon dos escenarios de operación, el primero se encuentra entre las siete de la mañana y las siete de la noche, franja en la cual los quirófanos se encuentran en uso ininterrumpido, y el segundo entre las diez de la noche y seis de la mañana, franja en la que ya ha sido realizada la preparación rutinaria y desinfección total, en este horario solo se llevan a cabo procedimientos de emergencia y programados de forma excepcional en algunos quirófanos, no obstante las salas en estudio no suelen ocuparse. La información tomada en esta sección se obtuvo de la base de datos descrita anteriormente en la sección de metodología. En el anexo 7 están las talas que muestra los datos obtenidos de los porcentajes de presión en el primer escenario y segundo escenario.

El porcentaje de presión positiva, expresado así para representar la proporción de presión relativa **que hay de más** en el interior de la sala, con respecto a las zonas adyacentes; presenta un comportamiento para el primer escenario que se puede observar en la figura 30 para las salas de cirugía 2, 7 y 8.

En la ecuación 1 se puede evidenciar la relación en unidades de presión a valores absolutos de diferencial de presión.

$$\%_p = \frac{P_{ri} * 100}{P_{re}} \quad (1)$$

Donde:

$\%_p$: *porcentaje de presión positiva*

P_{ri} : *presión relativa interna en hPa*

P_{re} : *presión relativa externa en hPa*

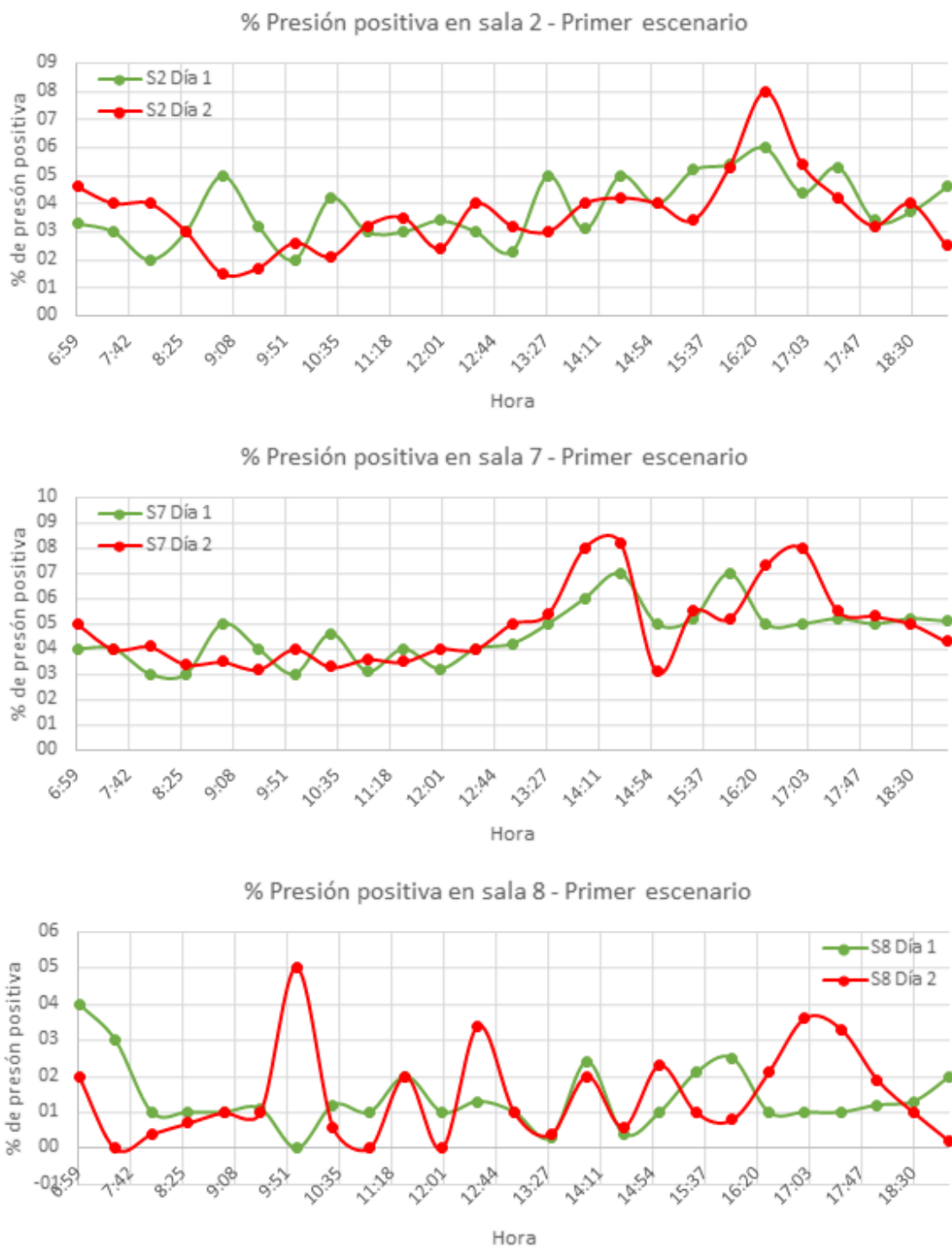


Figura 30. Porcentaje de presión positiva en la sala de cirugía 2 en el primer escenario durante dos días.

Así mismo, el comportamiento del porcentaje de presión positiva para el segundo escenario se puede observar en la figura 31 para las salas de cirugía 2, 7 y 8.

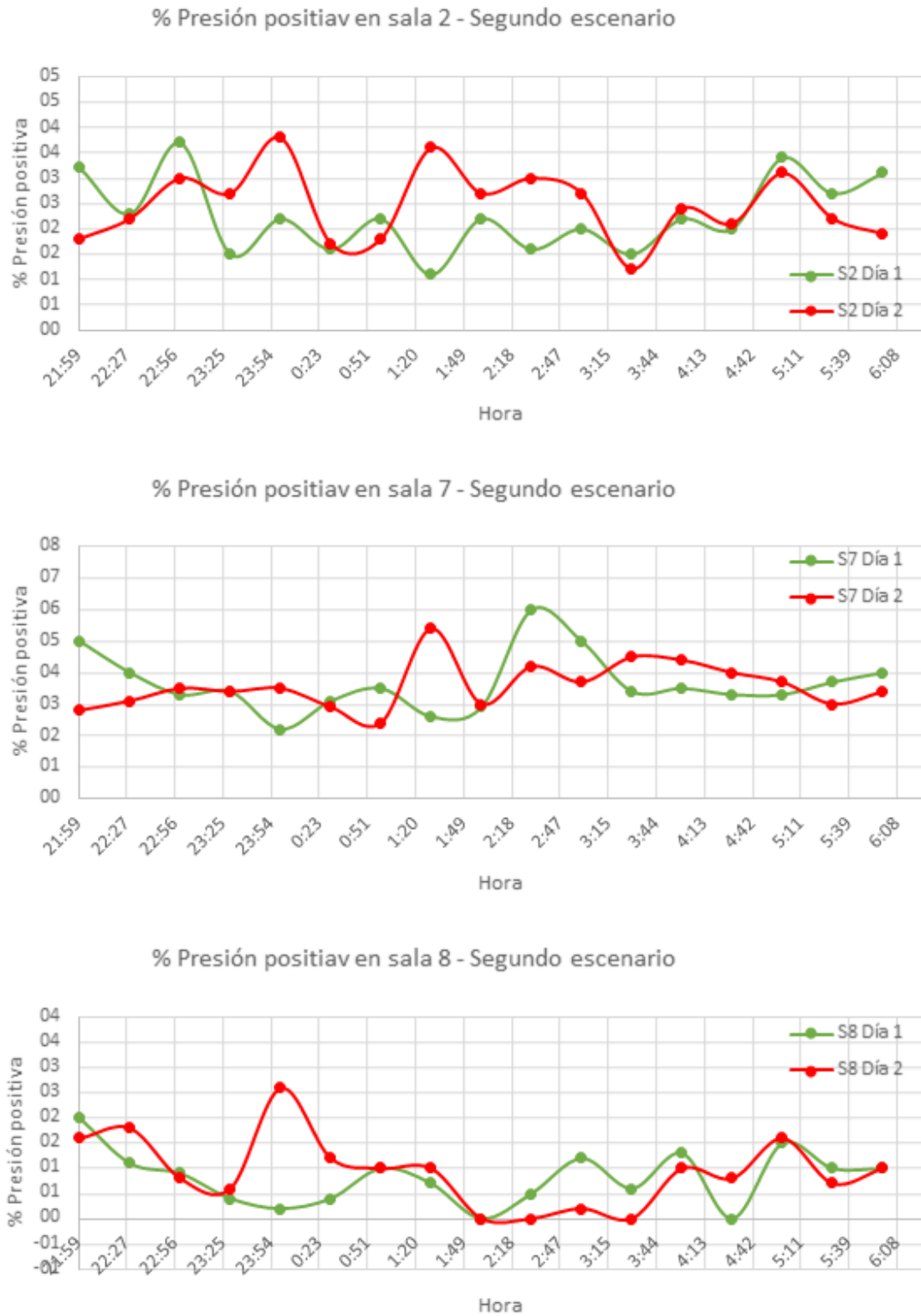


Figura 31. Porcentaje presión positiva en la sala de cirugía 2 en el segundo escenario durante dos días.

El contraste de la dispersión de los datos respecto a la media en cada uno de los escenarios durante los dos días se evidencia en la tabla 5.

Tabla 5. Desviación estándar de los dos escenarios establecidos durante los dos días.

Escenario	DESVIACIÓN ESTÁNDAR					
	Sala 2		Sala 7		Sala 8	
	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2
<i>Primero</i>	1.127	1.343	1.111	1.553	0.883	1.295
<i>Segundo</i>	0.736	0.702	0.936	0.744	0.540	0.701

4.8. Evaluación de calidad de envío de datos

Con el fin de evaluar la calidad de envío, se recopiló la cantidad de datos de 3 días aleatorios y se obtuvo el promedio junto con el porcentaje con respecto al total de datos teóricamente establecido (2880 datos/día).

Tabla 6. Frecuencia de transmisión de datos.

FRECUENCIA RECEPCIÓN DE DATOS				
Día	Sala 2	Sala 7	Sala 8	Exterior
Día 1	985	724	638	2437
Día 2	1024	785	691	2571
Día 3	992	737	650	2522
Media	1000.30	748.70	659.70	2510
Eficiencia	34.70%	26%	22.90%	87.15%

5. DISCUSIÓN

Las características que se evidenciaron en el proceso de reconocimiento y exploración del área de cirugía, fueron la razón fundamental para plantear la estrategia de implementación del sistema para la toma de las variables medioambientales. En primer lugar, se encontró que todas las salas de cirugía cumplen con los protocolos y requisitos establecidos por la normatividad y van en dirección de las políticas de la institución, esto reflejado en la infraestructura moderna y adecuada, distribución de espacio, volumen de ocupación de los equipos biomédicos y demás; en relación con las condiciones ambientales de interés, se percibió una sensación térmica adecuada teniendo en cuenta los parámetros ambientales configurados en ese momento.

Las características de infraestructura permitieron determinar las condiciones de montaje e instalación de los dispositivos de registro de datos. Al momento de hacer el ejercicio de percepción del proceso de inyección de aire dispuesto en cada sala, inicialmente se identificó de forma sensitiva que las rejillas de extracción están aparentemente realizando el proceso inverso, lo que condujo a intuir que se estaba cumpliendo el principio de presión positiva (inyección mayor que extracción). Sin embargo, se realizó la prueba de la hoja de papel⁷ y se comprobó que efectivamente estaban cumpliendo la función de extracción.

Si bien, la mayoría de las salas de cirugía están equipadas con un termohigrómetro de tipo analógico y otro digital, los valores de los parámetros registrados no coinciden en la mayoría de las salas, por el contrario, se encuentran valores de desfase en algunos casos hasta del 20% en temperatura y 30% para humedad relativa. La comparación realizada del sistema, se desarrolló con termohigrómetro digital, ya que se encontraba en todas las salas de estudio. Las especificaciones técnicas del equipo digital denotan una tolerancia de error que está sobre los $\pm 2^\circ \text{C}$ y $\pm 10\%$ de temperatura y humedad relativa respectivamente (ver anexo 3). Por otra parte, los sensores de temperatura y humedad relativa que componen el sistema poseen características de tolerancia de error muy inferiores, como se evidencia en la ficha técnica en el anexo 6, dando un parte a favor del sistema implementado, en cuanto a precisión y exactitud refiere.

Con respecto a los sensores de presión, la prueba de verificación se realizó utilizando este método (descrito en la sección de análisis de validación y confiabilidad), sustentado en que se calculó la relación entre la presión interna y externa definida por un porcentaje, de acuerdo a esto el valor exacto de presión barométrica no es completamente necesario, es decir, no se requería un método que asegurara una exactitud del 100%, sin embargo, era indispensable que los sensores midieran valores precisos entre sí.

La ubicación de los dispositivos contribuye con la mitigación de la influencia de diferentes variables que afectan la correcta medición de los parámetros, dichas variables se constituyen dentro de la operación del área, por ejemplo, flujo de aire

⁷ Consiste en colocar una hoja de papel sobre la rejilla de forma longitudinal.

directo, apertura de puertas de ingreso a la sala, sobreocupación de la sala, manipulación indebida por parte del personal médico e incidencia de la temperatura propia de algún equipo biomédico en funcionamiento. A pesar de haber condicionado la instalación, a cada una de las consideraciones previamente descritas, algunas fueron imposibles de prevenir o controlar para este proyecto, es decir, hubo influencia de estas en la implementación, sin embargo, se consideran mínimas de acuerdo con las tendencias de datos que se obtienen del sistema en periodos de tiempo continuo.

Durante la fase inicial de implementación, se realizó un seguimiento directo y continuo al comportamiento, tanto de las variables medidas, como de cada dispositivo frente a las condiciones de funcionamiento existentes. En un primer momento se asociaron algunos problemas de conectividad con la distancia y barreras físicas existentes entre el punto de conexión Wifi y las salas 7 y 8, donde se ubican dos de los dispositivos. Ahora bien, a partir de los resultados que arrojaron las pruebas de velocidad de internet (tabla 2) en cada sala relacionada, se determinó que la calidad del servicio de la red utilizada exige una configuración particular (siempre encendida, sin modo Deep Sleep⁸) de la tarjeta de transmisión, esto con el fin de garantizar la conexión continua y estable y por ende el envío de los datos.

La fase siguiente comprende dos semanas posteriores a la instalación inicial; dentro de este periodo fueron modificadas algunas subfunciones del sistema, ajustándose a cambios sugeridos durante una retroalimentación que se realizó en conjunto con el departamento de ingeniería biomédica. Entre estas se encuentran los límites de alarma configurados para las variables temperatura y humedad relativa, de esta forma se adaptó a los propios límites y niveles de alarma que la institución considera adecuados, claro está, bajo el marco de normatividad vigente. De igual forma, el protocolo de notificación según el nivel de gravedad del evento que generó la alarma, más específicamente se definió que en primera instancia se genera la alerta visual y sonora, de manera conjunta con una notificación visual en la interfaz de usuario, tanto la alarma como la notificación se podrán detener por un tiempo de 5 minutos antes de ser activada nuevamente por otro mensaje de alarma.

La prueba de desempeño del sistema, comparándolo con los equipos de medición actualmente utilizados por la institución evidencian el comportamiento de las variables y se representan en las figuras 28 y 29. La medición de temperatura en la sala de cirugía 2, inicialmente evidencia una tendencia similar en el comportamiento de los dos registros, sin embargo, durante la hora y 20 minutos finales del periodo de la prueba, la medición en el termohigrómetro se mantuvo constante, mientras que la del sistema tiene un rango de 0.4 °C durante este mismo lapso. En el caso de la sala de cirugía 7, la medida del termohigrómetro disminuyó tan solo 0.1 °C, estableciendo así, una tendencia prácticamente constante durante todo el periodo de prueba; el sistema en cambio, a excepción de la medición tomada a las 21:42 y las 22:12, presenta fluctuaciones durante las tres horas, llegando a ser solo constante en un tiempo de 20 minutos, al igual que en el anterior caso el rango llegó a ser de 0.4 °C. Para la sala de cirugía 8 es más evidente la similitud en cuanto al comportamiento de la temperatura

⁸ Modo de “sueño profundo” de la tarjeta de transmisión que permite ahorrar energía.

medida por los dos métodos, aunque en el caso del sistema existen dos variaciones (21:20-21:40, 23:44-23:58, Figura 28, sala 8) que el termohigrómetro no detectó.

Así mismo, los gráficos obtenidos a partir de las mediciones de humedad relativa presentan tendencias que siguen las de la variable analizada previamente. Por ejemplo, en la sala de cirugía 2 se observa un comportamiento semejante entre sí, por parte del termohigrómetro y el sistema durante las tres horas. La diferencia más notoria se registró alrededor de las 22:40 (figura 29, sala 2), donde hubo un incremento de 2.50% de humedad y el termohigrómetro no registró este cambio; este último tuvo un rango del 1%, por su parte el sistema tuvo uno del 3.30%. En el caso de la sala 7 se presentan una serie de oscilaciones que se pueden observar en la medición del sistema desde el principio de la prueba (figura 29, sala 7), comportamiento que también fue identificado con la medición del termohigrómetro en las dos últimas horas de la prueba, pero en una menor proporción; durante la hora inicial la medición fue constante. A diferencia de los otros casos, el termohigrómetro de la sala 8 genera una tendencia que presenta más variaciones que las producidas por el dispositivo del sistema implementado allí, sin embargo, es el que presenta menor exactitud.

Por otro lado, teniendo en cuenta los promedios de las mediciones de cada sala se observa que, tanto para temperatura como para la humedad el termohigrómetro que marcó la mayor diferencia con el sistema fue el ubicado en la sala 8, presenta un error del 4% para temperatura y del 31% para humedad relativa con respecto al sistema, sin posibilidad de realizar ningún ajuste en las mediciones de estos equipos, las mediciones no son fiables hasta tanto no se reemplace el equipo. En cuanto a la temperatura solamente, el termohigrómetro que presenta el error más bajo en comparación de los demás, es el de la sala 2 con un 2%; para la humedad relativa es el de la sala 7 con un 8.2% de error.

Con respecto a las variaciones consideradas anteriormente se pueden apoyar en los valores de desviación estándar o típica que presentan dos de las tres salas (tablas 3 y 4), en el caso de las salas 2 y 7, los datos se encuentran mucho más dispersos, lo que quiere decir que los eventos de cambio son registrados por el sistema de forma más eficaz que los termohigrómetros. El caso de la sala 8 sugiere que existe mayor dispersión de los datos registrados por el termohigrómetro, pero teniendo en cuenta que este equipo presenta errores significativamente más altos que los otros, sería pertinente revisar o reemplazarlo para poder asumir una posición frente a los resultados.

La presión positiva es un parámetro de control, el cual se decidió estudiar debido a que se considera un punto de partida importante para poder establecer cuantitativamente la eficiencia de los sistemas de climatización en las salas de cirugía. Este factor, además de evitar el intercambio de aire contaminado con el exterior de la sala, permitiría establecer si la cantidad de aire inyectado y extraído en un periodo de tiempo determinado es suficiente para mantener las condiciones ambientales en los niveles requeridos y completar el número de recambios/hora que se deben garantizar para conservar el aire limpio. Ahora, para cuantificar la variación del diferencial de presión, se estimó sobre una referencia de 10% de sobrepresión, que es cercano a los 10Pa, sugerido por algunas investigaciones que fueron referenciadas en el proyecto.

En el anexo 7 se presentan los datos correspondientes al primer escenario durante dos días de muestreo por hora, allí se evidencia que el comportamiento de la presión de las 3 salas fluctúa de manera irregular (figura 30) pero cumple con el principio de presión positiva con respecto a las áreas adyacentes. El valor preciso de este parámetro no está definido por ningún estándar nacional o internacional, solamente se sugieren los valores descritos anteriormente. La desviación estándar sustenta la irregularidad de los datos (tabla 5), explicada muy probablemente por la actividad usual del área, donde varía constantemente la ocupación, tiempo de apertura de puertas y tráfico del pasillo exterior. También puede deberse al descuido del personal que no mantiene cerradas las puertas de acceso a los quirófanos. Los datos del segundo escenario muestreados de igual manera, se encuentran en el anexo 7, donde se observa que al igual que en el primero, se cumple el principio, sin embargo, los datos presentan una desviación estándar más baja para todas las salas durante los dos días, esto probablemente debido a que en esa franja de horario no existen perturbaciones que puedan alterar las condiciones de presión. El comportamiento de estas presiones también se evidencia en la figura 31.

Ahora, a partir de un análisis global de cada una de las salas referenciado en el comportamiento de las tres variables de forma conjunta, se puede observar que las salas 2 y 7 presentan un desempeño similar, lo que quiere decir que se mantienen dentro de los rangos usuales, aunque irregulares como fue descrito y justificado anteriormente. Con respecto a la sala 8 el comportamiento es inusual y fuera de los niveles normales, se fijó inicialmente la temperatura como variable de control, donde se observa que tiende a aumentar con facilidad durante el día, y en la noche no alcanza a disminuir al nivel de su homóloga, la sala 7, teniendo en cuenta que se suponen ciclos de climatización iguales. Luego, la humedad relativa también presenta niveles inusuales en algunos momentos del día. Por último, relacionando la tendencia del porcentaje de sobrepresión (figuras 30 y 31, sala 8), es notorio que los valores se encuentran por debajo de lo normal, incluso se observan valores de 0 % de presión; esto sumado, evidencia fallas probables en el sistema de climatización de aire, sugiriendo que no supe con la demanda de la sala.

Finalmente, la eficiencia de transmisión de los datos (ver tabla 6) evidencia que existen dificultades en las 3 salas para enviarlos de forma continua en el rango de tiempo configurado para los dispositivos, en particular la sala 2 presenta el mejor desempeño con un promedio de 1003 de 2880 datos que equivale al 34,7%, le sigue la sala 7 con el 26% y por ultimo la sala 8 con el 22.9%. Se puede afirmar que no fueron los valores esperados para la prueba, sin embargo, haciendo la relación entre la eficiencia de envío de las tres salas y el dispositivo externo, se encontró que la distancia al Router de internet incidió directamente, teniendo en cuenta que este dispositivo se encontraba ubicado justo debajo de él evidenciado en una eficiencia del 87,15%.

6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1. Recomendaciones

En este estudio se desarrolló un sistema de monitoreo que siguió una metodología de IoT, con el que se pudo monitorear remotamente de forma exitosa las variables de temperatura, humedad relativa y presión positiva dentro de las salas de cirugía de la institución. Sin embargo, las condiciones óptimas que exige un área como estas, requieren aparte de un sistema de climatización y control robusto, el compromiso del personal operativo, que en este caso constituye el personal médico, de hacer buen uso de las salas de cirugía, cumpliendo con las recomendaciones básicas, por ejemplo, no exceder el número de personas dentro del quirófano y mantener las puertas cerradas en todo momento.

6.2. Trabajos futuros

El alcance de este proyecto no está solamente en el área de cirugía, teniendo en cuenta que la revolución tecnológica permite explorar muchos más campos superando las barreras de implementación que existían anteriormente. Sería una gran oportunidad para la institución poder implementar el sistema para monitorear el área de Hemodinamia, más específicamente la temperatura y humedad relativa dentro de los cuartos de máquinas y servidores de los equipos de angiografía, teniendo en cuenta que son equipos de imágenes que utilizan rayos x de toma dinámica, los cuales generan liberación de energía calórica de forma continua y en grandes cantidades.

De igual forma los cuartos de máquinas y servidores de los resonadores magnéticos requieren un alto grado de control y supervisión sobre las variables de temperatura y humedad relativa, debido a que los equipos pueden presentar fallas si operan fuera de los rangos permitidos.

Independiente de la implementación en otras áreas críticas, se podría construir un sistema mucho más completo que incluya más sensores (p. polución, gases determinados entre otros), generando así el control total de todo el ambiente quirúrgico. Esta oportunidad genera un mayor impacto teniendo en cuenta que en Colombia no hay registro de algún tipo de regulación de estas condiciones ambientales en quirófanos utilizando IoT y que posea las características de este sistema.

7. CONCLUSIONES

Basados en los resultados de tendencia y desviación estándar de los datos comparados con el método de medición actual de la institución, se puede afirmar que la sensibilidad del sistema es mayor, es decir, tiene la capacidad de detectar mejor los cambios. En cuanto a los resultados de las mediciones y comportamientos de las tres variables trabajadas en este proyecto, que se obtuvieron a partir del sistema implementado, se puede decir que fueron los esperados. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, al trabajar en espacios críticos, como lo es una sala de cirugía, existen factores latentes en el entorno que se generan debido a la actividad usual y rutinaria del área, los cuales pueden llegar a alterar la medición de los dispositivos.

El comportamiento de las 3 variables dentro de la sala 8, presenta tendencias que sugieren inconvenientes con su sistema de climatización, puesto que se recomienda realizar una verificación y de esta manera evitar cualquier evento adverso debido al desfase de los parámetros ambientales estudiados.

Los resultados que refleja el comportamiento del diferencial de presión expresado y analizado en un porcentaje permitieron, aunque sin un patrón de comportamiento regular, concluir que siempre existe presión positiva dentro de las salas de cirugía con respecto a las zonas adyacentes en cuanto la temperatura y la humedad relativa se encuentren dentro de los parámetros normales.

La implementación de este sistema de control da cuenta de las ventajas operativas que conlleva la integración de la tecnología, particularmente IoT, para monitorear cualquier variable dentro de un ambiente clínico.

Se logró realizar el almacenamiento de los datos de todas las salas de cirugía durante 3 semanas, permitiendo así ejecutar consultas bajo diferentes parámetros de búsqueda, siendo esto una herramienta poderosa para evaluar las condiciones de operación de servicio en caso de ser requerido.

Se pudo abarcar diferentes tipos de impacto de acuerdo a los resultados obtenidos en este proyecto. En primer lugar, se reconoció el impacto tecnológico, derivado de la interacción del personal del departamento de ingeniería biomédica y su concepto acerca de la funcionalidad y beneficios de implementar este tipo de tecnología. Otro tipo de impacto es el económico, debido a que con este sistema queda evidenciado que se podrían generar diferentes alternativas totalmente funcionales y prácticas que garanticen el cumplimiento de la normatividad vigente a un bajo costo, teniendo en cuenta su desarrollo y funcionalidad dentro del ambiente hospitalario determinado. El ámbito social es el último impacto, ya que se podría aumentar la seguridad y de paso la calidad en la prestación de servicios de salud en pacientes que son intervenidos en salas de cirugía.

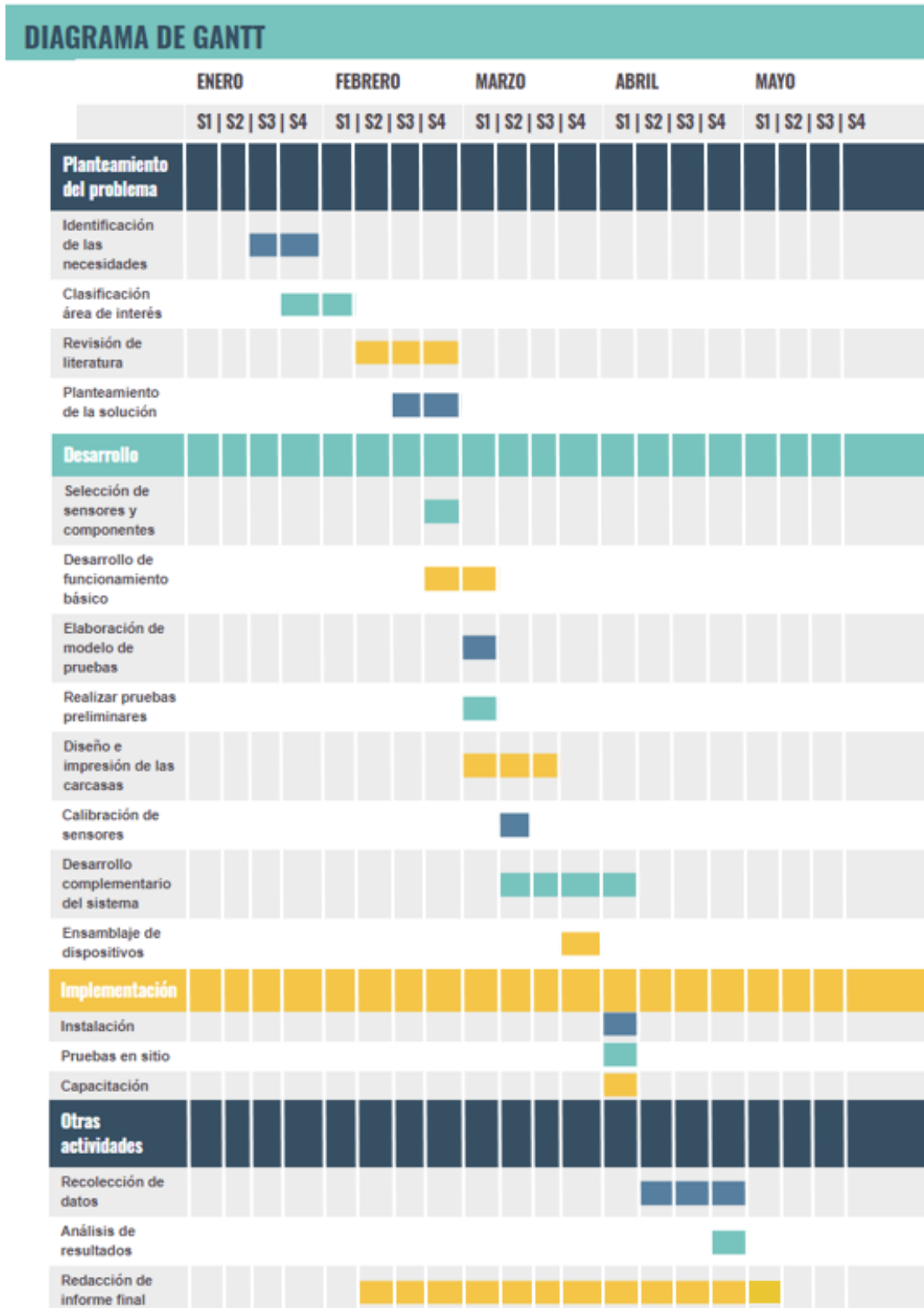
8. REFERENCIAS

- [1] D. Nuño, "Control del sistema de ventilación de un quirófano en periodos Transitorios". España.
- [2] M. Hernández and S. León, "Determinación de la calidad del aire extramural e intramural en la sala de cirugía del Hospital el Tunal de la ciudad de Bogotá para el desarrollo de mecanismos de control y minimización de riesgo causado por microorganismos potencialmente nosocomiales". Bogotá, 2009.
- [3] E. White, C. Raillard, A. Subrenat and V. Hequet, "Influence of environmental parameters on the photocatalytic oxidation efficiency of acrylonitrile and isoflurane; two operating room pollutant". 2019.
- [4] T. S.A., "Medición de presión en salas limpias | Testo Argentina S.A.", Testo.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.testo.com/es-AR/aplicacion/medicion-de-presion-en-salas-limpias>. [Accessed: 08- Feb- 2020].
- [5] "Monitoreo inteligente". [Online]. Available: <http://184.72.113.77/manuales/Brochure-equipos-medicos-Final.pdf>. [Accessed: 08- Feb- 2020].
- [6] "Medvision". [Online]. Available: <http://www.medvision.com.co/medicion.htm>. [Accessed: 08- Feb- 2020].
- [7] J. Ruiz, "Sistema de Control y Monitoreo de Consumo Energético para Equipos de Climatización Orientado a Internet de las Cosas (IoT)". Universidad de la Costa, 2019.
- [8] "Vaisala Corporation Financial Statement Release 2017", Vaisala, 2018. [Online]. Available: <https://www.vaisala.com/en/stock-exchange-releases/2018-02/vaisala-corporation-financial-statement-release-2017>. [Accessed: 08- Feb- 2020].
- [9] Vaisala.com, 2019. [Online]. Available: <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/VIM-G-viewLinc-Brochure-B211555ES.pdf>. [Accessed: 08- Feb- 2020].
- [10] C. Ballesteros and D. Sypko, "Sistema IoT para monitorización del estado de un centro de proceso de datos de grandes dimensiones". Universidad Complutense de Madrid, 2017.
- [11] M. Gámez, "Prototipo electrónico de control y monitoreo de parámetros ambientales implementando internet de las cosas". El Salvador, 2018.
- [12] Prevención de las infecciones nosocomiales. Organización Mundial de Salud, 2003.
- [13] A. Cossio, "Prevención En Infecciones De La Cirugía Cardiovascular Neonatal Y Pediátrica". 2010.
- [14] RESOLUCION 4445, Artículo 34. Colombia: Ministerio de Salud, 1996.
- [15] "Infecciones asociadas a la atención en salud", Saludcapital. [Online]. Available: <http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Infecciones%20Asociadas%20a%20Atencin%20en%20Salud/Comites/2016/Abril/ASHRAE-Standard-170-2008qq.pdf>. [Accessed: 08- Feb- 2020].
- [16] "Standards 62.1 & 62.2", Ashrae.org. [Online]. Available: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-62-1-62-2>. [Accessed: 08- Feb- 2020].

- [17] "El código técnico de edificación de España", Mscbs.gob.es, 2020. [Online]. Available: <https://www.mscbs.gob.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/BQ.pdf>. [Accessed: 16- Feb- 2020].
- [18] "¿Qué es Internet of Things (IoT)?", Oracle.com. [Online]. Available: <https://www.oracle.com/co/internet-of-things/what-is-iot.html>. [Accessed: 16- Feb- 2020].
- [19] "¿Qué es Node-RED?", Blog de Sofía, 2016. [Online]. Available: <https://about.sofia2.com/2016/11/16/que-es-nodered/>. [Accessed: 06- Feb- 2020].
- [20] "Arquitecturas IoT", Aprendiendo Arduino, 2018. [Online]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/11/arquitecturas-iot/>. [Accessed: 09- Apr- 2020].
- [21] T. Liu, "Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22", Sparkfun.com. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>. [Accessed: 16- Apr- 2020].
- [22] "Termohigrómetro: temperatura y humedad ideales en el ambiente | S&P", S&P Sistemas de Ventilación, 2018. [Online]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/termohigrometro/>. [Accessed: 25- Apr- 2020].

ANEXOS

✓ Anexo No. 1: Diagrama de Gantt del estudio.



✓ Anexo No. 2: Tabla de especificaciones técnicas de los sensores.

<i>SENSOR DHT22</i>			<i>SENSOR BMP280</i>		
Parametros	Valores	Unidades	Parametros	Valores	Unidades
Voltaje de alimentación	3.3 - 6.0	V	Voltaje de alimentación	1.2 - 3.6	V
Rango de temperatura	(-)40 - (+)80	°C	Rango de presión	300 - 1100	hPa
Rango de Humedad relativa	0 - 100	%	Rango de temperatura	(-)45 - (+)85	°C
Precisión absoluta de la temperatura	± 0.2	°C	Precisión absoluta de la presión	± 1.0	hPa
Precisión absoluta de la humedad	± 1.0	%	Precisión absoluta de la temperatura	± 1.0	°C

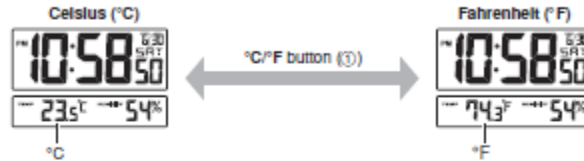
✓ Anexo No. 3: Especificaciones técnicas termohigrómetro digital.

THERMOMETER FUNCTIONS

- A built-in sensor measures temperature and shows the measured value on the display.
- The temperature display shows "LO" for temperatures below -19.9°C (-3.8°F) and "HI" for temperatures above 49.9°C (121.8°F).
- Though temperature readings are displayed up to 0°C (32°F) and greater than 41°C (105°F), note that such readings are actually outside the guaranteed temperature range of this clock.

Switching between Celsius and Fahrenheit

- Push the $^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$ button (①) to select either Celsius ($^{\circ}\text{C}$) or Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).



HYGROMETER FUNCTIONS

- A built-in sensor measures humidity and shows the measured value on the display.
- The humidity display shows "LO" for humidity below 10% and "HI" for humidity above 90%.
- Whenever the current temperature is outside the range of 0°C to 49.9°C , the humidity display will show "--".

BATTERY REPLACEMENT

Replace batteries whenever the display of the clock becomes dim and difficult to read.

1. Open the battery compartment cover as shown in the illustration.
2. Remove all of the old batteries.
3. Load a full set of new batteries. Make sure that their positive (+) and negative (-) ends face in the correct directions. If you load batteries incorrectly, they can burst and damage the clock.
4. Press the RESET button (④). Be sure to press the RESET button (④) after replacing batteries.
5. Replace the battery compartment cover.

Battery precautions

- Keep batteries out of the reach of small children. If a battery is accidentally swallowed, contact your physician immediately.
- Be sure to load the batteries with their positive (+) and negative (-) ends facing correctly.
- Never mix old and new batteries, or batteries of different brands.
- Never charge the batteries that come with the clock.
- Should batteries ever leak while in the clock, wipe out the fluid with a cloth, taking care not to let any get onto your skin.
- Replace the batteries at least once a year, even if the current batteries are working properly.
- The batteries that come with the clock lose some of their power during transport and storage.

SPECIFICATIONS

Accuracy at Normal Temperature: ± 60 seconds a month

Calendar System: Auto-calendar pre-programmed from the year 2000 to 2099

Thermometer Functions: Measuring range: -19.9°C to 49.9°C (-3.8°F to 121.8°F)

Though temperature readings are displayed up to 0°C (32°F) and greater than 41°C (105°F), note that such readings are actually outside the guaranteed temperature range of this clock.

Celsius ($^{\circ}\text{C}$)/Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) switching

Temperature Sensor Precision: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ($\pm 4^{\circ}\text{F}$) in range of 0°C to 40°C (32°F to 104°F)

Hygrometer Function: Measuring range: 10% to 90%, when temperature is 0°C to 40°C (32°F to 104°F)

Humidity Sensor Precision: $\pm 10\%$, when temperature is 5°C to 40°C (41°F to 104°F)

Other: 12/24-hour timekeeping

Battery: Two AA size batteries (Type: R6P)

Battery Life: Approximately 1 year

Operating Temperature: 0°C to 40°C (32°F to 104°F)

- ✓ Anexo No. 4: Certificados de calibración de cada uno de los sensores de temperatura y humedad relativa.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 No. Certificado: T- 1- 1A - 20

Cliente : Clínica Colisanitas S.A.
 Customer : Laboratorio de Metrología

Dirección : Carrera 69B # 99-43
 Address :

Ciudad : Bogotá D. C.
 City :

Instrumento : Termohigrómetro
 Instrument :

Fabricante : AOSONG
 Manufacturer :

Modelo : DHT22
 Model :

Serie / Activo : 17126C084 / No aplica
 Serie :

Identificación : 17126C084
 Identification :

Resolución: : 0,1 °C
 Resolution:

Fecha de recepción : 2020-03-18
 Date of arrive :

Fecha de calibración : 2020-03-18
 Date or report :

Fecha de emisión : 2020-05-05
 Date of issuance :

Lugar de calibración : Laboratorio de Metrología
 Calibration place : Bogotá D. C.

El Laboratorio de Metrología se exime de toda responsabilidad de información que suministre el cliente y pueda afectar a la validez de los resultados.

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al dispositivo relacionado, en el momento y condiciones en el que se realizaron las mediciones. El laboratorio de calibración de la CIHM no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

El usuario es responsable del intervalo de calibración que defina para el instrumento.

The Metrology Laboratory disclaims all responsibility for information provided by the client and may affect the validity of the results.

This certificate show the results of the measurements taken. It may not be reproduced except when prior written permission has been obtained from the laboratory issuing it.

The results contained in this certificate refer to the related device, at the time and conditions under which the measurements were taken. The calibration laboratory of the CIHM is not responsible for any damages that may result from improper use of the calibrated instrument.

The user is responsible for the calibration interval that he defines for the instrument.

1. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Calibration Method

Se realizó comparación directa dentro de un medio isoterma estable a 50 %HR, de acuerdo al procedimiento interno del Laboratorio de Metrología de la Central de Ingeniería Hospitalaria y Mantenimiento, basado en el documento del Centro Español de Metrología código TH-007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad de aire.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

Environmental conditions

Las condiciones ambientales durante la calibración fueron:

	Min	Max	U
Temperatura (°C)	23,2	23,2	0,3
Humedad relativa (% HR)	47,8	51,2	3,1

Carrera 69 B No. 99-43, Bogotá, Colombia
 email: jennrojes@colisanitas.com
 Página No. 1 de 2

DIBSO CAST-CCI

Código: OHM-LCF-001_V01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 No. Certificado: T- 1- 1A - 20

3. TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN

Measurement traceability

El laboratorio de metrología de la CIHM de Keralty, mantiene los patrones de referencia en condiciones físicas adecuadas para su conservación, los cuales han sido certificados asegurando la trazabilidad en las calibraciones realizadas con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Equipo	Identificación	No. Certificado	Fecha de calibración
Cámara ambiental	LC193	MET-LH-CC 13490/CLT539219	2019-10-03/2019-11-01
Termohigrómetro	LC091	MET-LH-CC 13519/ MET-LT-CC 26173	2019-10-11/2019-10-08
Termohigrómetro	LC092	MET-LH-CC 13520 / MET-LT-CC 26174	2019-10-11/2019-10-08

4. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

Measurement uncertainty

La incertidumbre de medición reportada se ha determinado multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k, con el cual se logra un nivel de confianza, (probabilidad de cobertura), del 95,45% aproximadamente para una distribución t-student.

La incertidumbre de medición fue estimada de acuerdo con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM member organizations (BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML). First edition. September 2008.

5. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Measurement results

Temperatura indicada por el instrumento patrón (°C)	Temperatura indicada por el instrumento bajo prueba (°C)	Corrección a la indicación	Incertidumbre	k
14,9	15,5	-0,5	1,3	2,0
23,1	23,3	-0,2	1,3	2,0
35,0	35,3	-0,3	1,3	2,0

6. OBSERVACIONES

Observations

Entrega del equipo:	Umpieza:	Adecuado	Pantalla superior:	No aplica	Botón de alarma:	No aplica	Sonda interna:	Adecuado
Batería:	Adecuado	Pantalla inferior:	No aplica	Botón de modo In/out:	No aplica	Sonda externa:	No aplica	
Resol:	No aplica	Pantalla:	No aplica	Botón de unidades:	No aplica	Carcasa:	Adecuado	

Las condiciones físicas fueron propicias para la prestación del servicio.

7. DECLARACION DE CONFORMIDAD

Conformity declaration

Con un error máximo indicado por el cliente de: 0,5 °C de acuerdo con los puntos seleccionados, la conformidad es la siguiente:

Punto calibrado:	15 °C	23 °C	35 °C
¿Conforme?	No	SI	SI

8. OPINIONES E INTERPRETACIONES

Opinions and Interpretations

Ninguna adicional

Firma autorizada

Authorized firm

 Director técnico
 Revisado y aprobado

 Metrologo II
 Elaboró

FIN CERTIFICADO
 End of certificate

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
No. Certificado: T- 1- 18 - 20

Cliente : Clínica Colisanitas S.A.
Customer : Laboratorio de Metrología

Dirección : Carrera 69B # 99-43
Address

Ciudad : Bogotá D. C.
City

Instrumento : Termohigrómetro
Instrument

Fabricante : AOSONG
Manufacturer

Modelo : DHT22
Model

Serie / Activo : 17126CA75 / No aplica
Serie

Identificación : 17126CA75
Identification

Resolución: : 0,1 °C
Resolution:

Fecha de recepción : 2020-03-18
Date of arrive

Fecha de calibración : 2020-03-18
Date or report

Fecha de emisión : 2020-05-05
Date of issuance

Lugar de calibración : Laboratorio de Metrología
Calibration place : Bogotá D. C.

El Laboratorio de Metrología se exime de toda responsabilidad de información que suministre el cliente y pueda afectar a la validez de los resultados.

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al dispositivo relacionado, en el momento y condiciones en el que se realizaron las mediciones. El laboratorio de calibración de la CIHM no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

El usuario es responsable del intervalo de calibración que define para el instrumento.

The Metrology Laboratory disclaims all responsibility for information provided by the client and may affect the validity of the results.

This certificate show the results of the measurements taken. It may not be reproduced except when prior written permission has been obtained from the laboratory issuing it.

The results contained in this certificate refer to the related device, at the time and conditions under which the measurements were taken. The calibration laboratory of the CIHM is not responsible for any damages that may result from improper use of the calibrated instrument.

The user is responsible for the calibration interval that he defines for the instrument.

1. MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration Method

Se realizó comparación directa dentro de un medio isoterma estable a 50 %HR, de acuerdo al procedimiento interno del Laboratorio de Metrología de la Central de Ingeniería Hospitalaria y Mantenimiento, basado en el documento del Centro Español de Metrología código TH-007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad de aire.

2. CONDICIONES AMBIENTALES
Environmental conditions

Las condiciones ambientales durante la calibración fueron:

	Min	Max	U
Temperatura (°C)	23,2	23,2	0,3
Humedad relativa (% HR)	47,8	51,2	3,1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 No. Certificado: T- 1- 1B - 20

3. TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN

Measurement traceability

El laboratorio de metrología de la CIHM de Keralty, mantiene los patrones de referencia en condiciones físicas adecuadas para su conservación, los cuales han sido certificados asegurado la trazabilidad en las calibraciones realizadas con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Equipo	Identificación	No. Certificado	Fecha de calibración
Cámara ambiental	LC193	MET-LH-CC 13490/CL1539219	2019-10-03/2019-11-01
Termohigrómetro	LC091	MET-LH-CC 13519/ MET-LT-CC 26173	2019-10-11/2019-10-08
Termohigrómetro	LC092	MET-LH-CC 13520 / MET-LT-CC 26174	2019-10-11/2019-10-08

4. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

Measurement uncertainty

La incertidumbre de medición reportada se ha determinado multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k , con el cual se logra un nivel de confianza, (probabilidad de cobertura), del 95,45% aproximadamente para una distribución t-student.

La incertidumbre de medición fue estimada de acuerdo con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM member organizations (BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML). First edition. September 2008.

5. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Measurement results

Temperatura indicada por el instrumento patrón	Temperatura indicada por el instrumento bajo prueba	Corrección a la indicación	Incetidumbre	k
14,95	15,5	-0,54	1,3	2,0
23,08	23,3	-0,22	1,3	2,0
35,02	35,3	-0,32	1,3	2,0

6. OBSERVACIONES

Observations

Entrega del #tipo:	Limpieza: Adecuado	Pantalla superior: No aplica	Botón de alarma: No aplica	Sonda interna: Adecuado
	Batería: Adecuado	Pantalla inferior: No aplica	Botón de modo in/out: No aplica	Sonda externa: No aplica
	Reset: No aplica	Pantalla: No aplica	Botón de unidades: No aplica	Carcasa: Adecuado

Las condiciones físicas fueron propicias para la prestación del servicio.

7. DECLARACION DE CONFORMIDAD

Conformity declaration

Con un error máximo indicado por el cliente de: 1 °C de acuerdo con los puntos seleccionados, la conformidad es la siguiente:

Punto calibrado:	15 °C	23 °C	35 °C
¿Conforme?	No	SI	SI

8. OPINIONES E INTERPRETACIONES

Opinions and Interpretations

Ninguna adicional

Firma autorizada

Autorized firm

 Director técnico
 Revisado y aprobado

 Metrologo II
 Elaboró

FIN CERTIFICADO
 End of certificate

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 No. Certificado: T- 1- 1C - 20

Cliente : Clínica Colisanitas S.A.
 Customer : Laboratorio de Metrología

Dirección : Carrera 69B # 99-43
 Address

Ciudad : Bogotá D. C.
 City

Instrumento : Termohigrómetro
 Instrument

Fabricante : AOSONG
 Manufacturer

Modelo : DHT22
 Model

Serie / Activo : 17126C481 / No aplica
 Serie

Identificación : 17126C481
 Identification

Resolución: : 0,1 °C
 Resolution:

Fecha de recepción : 2020-03-18
 Date of arrive

Fecha de calibración : 2020-03-18
 Date of report

Fecha de emisión : 2020-05-05
 Date of issuance

Lugar de calibración : Laboratorio de Metrología
 Calibration place : Bogotá D. C.

El Laboratorio de Metrología se exime de toda responsabilidad de información que suministre el cliente y pueda afectar a la validez de los resultados.

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al dispositivo relacionado, en el momento y condiciones en el que se realizaron las mediciones. El laboratorio de calibración de la CIHM no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

El usuario es responsable del intervalo de calibración que defina para el instrumento.

The Metrology Laboratory disclaims all responsibility for information provided by the client and may affect the validity of the results.

This certificate show the results of the measurements taken. It may not be reproduced except when prior written permission has been obtained from the laboratory issuing it.

The results contained in this certificate refer to the related device, at the time and conditions under which the measurements were taken. The calibration laboratory of the CIHM is not responsible for any damages that may result from improper use of the calibrated instrument.

The user is responsible for the calibration interval that he defines for the instrument.

1. MÉTODO DE CALIBRACIÓN
 Calibration Method

Se realizó comparación directa dentro de un medio isoterma estable a 50 %HR, de acuerdo al procedimiento interno del Laboratorio de Metrología de la Central de Ingeniería Hospitalaria y Mantenimiento, basado en el documento del Centro Español de Metrología código TH-007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad de aire.

2. CONDICIONES AMBIENTALES
 Environmental conditions

Las condiciones ambientales durante la calibración fueron:

	Min	Max	U
Temperatura (°C)	23,2	23,2	0,3
Humedad relativa (% HR)	47,8	51,2	3,1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 No. Certificado: T- 1- 1C - 20

3. TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN

Measurement traceability

El laboratorio de metrología de la CIHM de Keralty, mantiene los patrones de referencia en condiciones físicas adecuadas para su conservación, los cuales han sido certificados asegurado la trazabilidad en las calibraciones realizadas con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Equipo	Identificación	No. Certificado	Fecha de calibración
Cámara ambiental	LC193	MET-LH-CC 13490/CLT539219	2019-10-03/2019-11-01
Termohigrómetro	LC091	MET-LH-CC 13519/ MET-LT-CC 26173	2019-10-11/2019-10-08
Termohigrómetro	LC092	MET-LH-CC 13520 / MET-LT-CC 26174	2019-10-11/2019-10-08

4. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

Measurement uncertainty

La incertidumbre de medición reportada se ha determinado multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k , con el cual se logra un nivel de confianza, (probabilidad de cobertura), del 95,45% aproximadamente para una distribución t-student.

La incertidumbre de medición fue estimada de acuerdo con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM member organizations (BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML). First edition. September 2008.

5. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Measurement results

Temperatura indicada por el instrumento patrón (°C)	Temperatura marcada por el instrumento bajo prueba (°C)	Corrección a la indicación	Incertidumbre	k
14,95	15,7	-0,72	1,4	2,0
23,08	23,8	-0,71	1,4	2,0
35,02	35,5	-0,50	1,4	2,0

6. OBSERVACIONES

Observations

Entrega del equipo:	Limpieza:	Adecuado	Pantalla superior:	No aplica	Botón de alarma:	No aplica	Sonda interna:	Adecuado
Calibración:	Batería:	Adecuado	Pantalla inferior:	No aplica	Botón de modo in/out:	No aplica	Sonda externa:	No aplica
	Reset:	No aplica	Pantalla:	No aplica	Botón de unidades:	No aplica	Carcasa:	Adecuado

Las condiciones físicas fueron propicias para la prestación del servicio.

7. DECLARACION DE CONFORMIDAD

Conformity declaration

Con un error máximo indicado por el cliente de: 1 °C de acuerdo con los puntos seleccionados, la conformidad es la siguiente:

Punto calibrado:	15 °C	23 °C	35 °C
¿Conforme?	No	No	SI

8. OPINIONES E INTERPRETACIONES

Opinions and Interpretations

Ninguna adicional

Firma autorizada

Authorized firm

 Director técnico
 Revisado y aprobado

 Metrologo II
 Elaboró

FIN CERTIFICADO
 End of certificate

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 No. Certificado: H- 1- 1A - 20

Cliente : Clínica Colisanitas S.A.
 Customer : Laboratorio de Metrología

Dirección : Carrera 69B # 99-43
 Address

Ciudad : Bogotá D. C.
 City

Instrumento : Termohigrómetro
 Instrument

Fabricante : AOSONG
 Manufacturer

Modelo : DHT22
 Model

Serie / Activo : 17126C084 / No aplica
 Serie

Identificación : 17126C084
 Identification

Resolución: : 0,1 %HR
 Resolution:

Fecha de recepción : 2020-03-17
 Date of arrive

Fecha de calibración : 2020-03-17
 Date of report

Fecha de emisión : 2020-05-05
 Date of issuance

Lugar de calibración : Laboratorio de Metrología
 Calibration place : Bogotá D. C.

El Laboratorio de Metrología se exime de toda responsabilidad de información que suministre el cliente y pueda afectar a la validez de los resultados.

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al dispositivo relacionado, en el momento y condiciones en el que se realizaron las mediciones. El laboratorio de calibración de la CIHM no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

El usuario es responsable del intervalo de calibración que defina para el instrumento.

The Metrology Laboratory disclaims all responsibility for information provided by the client and may affect the validity of the results.

This certificate show the results of the measurements taken. It may not be reproduced except when prior written permission has been obtained from the laboratory issuing it.

The results contained in this certificate refer to the related device, at the time and conditions under which the measurements were taken. The calibration laboratory of the CIHM is not responsible for any damages that may result from improper use of the calibrated instrument.

The user is responsible for the calibration interval that he defines for the instrument.

1. MÉTODO DE CALIBRACIÓN
 Calibration Method

Se realizó comparación directa dentro de un medio isoterma estable a 23 °C +/- 1°C, de acuerdo al procedimiento interno del Laboratorio de Metrología de la Central de Ingeniería Hospitalaria y Mantenimiento, basado en el documento del Centro Español de Metrología código TH-007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad de aire.

2. CONDICIONES AMBIENTALES
 Environmental conditions

Las condiciones ambientales durante la calibración fueron:

	Min	Max	U
Temperatura (°C)	23,2	23,2	0,3
Humedad relativa (% HR)	47,8	51,2	3,1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 No. Certificado: H- 1- 1A - 20

3. TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN
 Measurement traceability

El laboratorio de metrología de la CIHM de Keralty, mantiene los patrones de referencia en condiciones físicas adecuadas para su conservación, los cuales han sido certificados asegurado la trazabilidad en las calibraciones realizadas con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Equipo	Identificación	No. Certificado	Fecha de calibración
Cámara ambiental	LC193	MET-LH-CC 13490/CL1539219	2019-10-03/2019-11-01
Termohigrómetro	LC091	MET-LH-CC 13519/ MET-LT-CC 26173	2019-10-11/2019-10-08
Termohigrómetro	LC092	MET-LH-CC 13520 / MET-LT-CC 26174	2019-10-11/2019-10-08

4. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN
 Measurement uncertainty

La incertidumbre de medición reportada se ha determinado multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k , con el cual se logra un nivel de confianza, (probabilidad de cobertura), del 95,45% aproximadamente para una distribución t-student.

La incertidumbre de medición fue estimada de acuerdo con el documento: JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM member organizations (BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML). First edition. September 2008.

5. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN
 Measurement results

Humedad indicada por el instrumento patrón	Humedad indicada por el instrumento bajo prueba	Corrección a la indicación	Incetidumbre	k
30,6	32	-1,1	3,4	2,0
51,8	53	-0,9	3,2	2,0
75,3	76	-1,0	3,1	2,0

6. OBSERVACIONES

Entrega del equipo:	Umpieza:	Adecuado	Pantalla superior:	No aplica	Botón de alarma:	No aplica	Sonda interna:	Adecuado
#Vipo:	Batería:	Adecuado	Pantalla inferior:	No aplica	Botón de modo in/out:	No aplica	Sonda externa:	No aplica
	Rese:	No aplica	Pantalla:	No aplica	Botón de unidades:	No aplica	Carcasa:	Adecuado

Las condiciones físicas fueron propicias para la prestación del servicio.

7. DECLARACION DE CONFORMIDAD
 Conformity declaration

Con un error máximo indicado por el cliente de: 2 % de acuerdo con los puntos seleccionados, la conformidad es la siguiente:

Punto calibrado:	31 %HR	52 %HR	75 %HR
¿Conforme?	SI	SI	SI

8. OPINIONES E INTERPRETACIONES

Opinions and Interpretations

No aplica

Firma autorizada

Authorized firm

Director técnico
Revisado y aprobado

Metrólogo II
Elaboró

FIN CERTIFICADO
End of certificate

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
No. Certificado: H- 1- 1B - 20

Cliente : Clínica Colisanitas S.A.
Customer : Laboratorio de Metrología

Dirección : Carrera 69B # 99-43
Address

Ciudad : Bogotá D. C.
City

Instrumento : Termohigrómetro
Instrument

Fabricante : AOSONG
Manufacturer

Modelo : DHT22
Model

Serie / Activo : 17126CA75 / No aplica
Serie

Identificación : 17126CA75
Identification

Resolución: : 0,1 %HR
Resolution:

Fecha de recepción : 2020-03-17
Date of arrive

Fecha de calibración : 2020-03-17
Date or report

Fecha de emisión : 2020-05-05
Date of issuance

Lugar de calibración : Laboratorio de Metrología
Calibration place : Bogotá D. C.

El Laboratorio de Metrología se exime de toda responsabilidad de información que suministre el cliente y pueda afectar a la validez de los resultados.

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al dispositivo relacionado, en el momento y condiciones en el que se realizaron las mediciones. El laboratorio de calibración de la CIHM no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

El usuario es responsable del intervalo de calibración que defina para el instrumento.

The Metrology Laboratory disclaims all responsibility for information provided by the client and may affect the validity of the results.

This certificate show the results of the measurements taken. It may not be reproduced except when prior written permission has been obtained from the laboratory issuing it.

The results contained in this certificate refer to the related device, at the time and conditions under which the measurements were taken. The calibration laboratory of the CIHM is not responsible for any damages that may result from improper use of the calibrated instrument.

The user is responsible for the calibration interval that he defines for the instrument.

1. MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration Method

Se realizó comparación directa dentro de un medio isotermo estable a 23 °C +/- 1°C, de acuerdo al procedimiento interno del Laboratorio de Metrología de la Central de Ingeniería Hospitalaria y Mantenimiento, basado en el documento del Centro Español de Metrología código TH-007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad de aire.

2. CONDICIONES AMBIENTALES
Environmental conditions

Las condiciones ambientales durante la calibración fueron:

	Min	Max	U
Temperatura (°C)	23,2	23,2	0,3
Humedad relativa (% HR)	47,8	51,2	3,1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 No. Certificado: H- 1- 1B - 20

3. TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN

Measurement traceability

El laboratorio de metrología de la CIHM de Keralty, mantiene los patrones de referencia en condiciones físicas adecuadas para su conservación, los cuales han sido certificados asegurado la trazabilidad en las calibraciones realizadas con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Equipo	Identificación	No. Certificado	Fecha de calibración
Cámara ambiental	LC193	MET-LH-CC 13490/CLT539219	2019-10-03/2019-11-01
Termohigrómetro	LC091	MET-LH-CC 13519/ MET-LT-CC 26173	2019-10-11/2019-10-08
Termohigrómetro	LC092	MET-LH-CC 13520 / MET-LT-CC 26174	2019-10-11/2019-10-08

4. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

Measurement uncertainty

La incertidumbre de medición reportada se ha determinado multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k, con el cual se logra un nivel de confianza, (probabilidad de cobertura), del 95,45% aproximadamente para una distribución t-student.

La incertidumbre de medición fue estimada de acuerdo con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM member organizations (BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML). First edition. September 2008.

5. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Measurement results

Humedad indicada por el instrumento patrón	Humedad indicada por el instrumento bajo prueba	Corrección a la indicación	Incertidumbre	k
30,61	38,4	-7,79	3,4	2,0
51,79	57,3	-5,51	3,2	2,0
75,35	82,0	-6,62	3,1	2,0

6. OBSERVACIONES

Observations

Entrega del equipo:	Limpieza:	Adecuado	Pantalla superior:	No aplica	Botón de alarma:	No aplica	Sonda interna:	Adecuado
Batería:	Adecuado	Pantalla inferior:	No aplica	Botón de modo In/out:	No aplica	Sonda externa:	No aplica	
Reseteo:	No aplica	Pantalla:	No aplica	Botón de unidades:	No aplica	Carcasa:	Adecuado	

Las condiciones físicas fueron propicias para la prestación del servicio.

7. DECLARACION DE CONFORMIDAD

Conformity declaration

Con un error máximo indicado por el cliente de: 2 % de acuerdo con los puntos seleccionados, la conformidad es la siguiente:

Punto calibrado:	31 %RH	52 %RH	75 %RH
¿Conforme?	No	No	No

8. OPINIONES E INTERPRETACIONES

Opinions and Interpretations

No aplica

Firma autorizada

Authorized firm

 Director técnico
 Revisado y aprobado

 Metrologo II
 Elaboró

FIN CERTIFICADO
 End of certificate

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 No. Certificado: H- 1- 1C - 20

Cliente : Clínica Colsanitas S.A.
 Customer : Laboratorio de Metrología

Dirección : Carrera 69B # 99-43
 Address

Ciudad : Bogotá D. C.
 City

Instrumento : Termohigrómetro
 Instrument

Fabricante : AOSONG
 Manufacturer

Modelo : DHT22
 Model

Serie / Activo : 17126C481 / No aplica
 Serie

Identificación : 17126C481
 Identification

Resolución: : 0,1 %HR
 Resolution:

Fecha de recepción : 2020-03-17
 Date of arrive

Fecha de calibración : 2020-03-17
 Date of report

Fecha de emisión : 2020-05-05
 Date of issuance

Lugar de calibración : Laboratorio de Metrología
 Calibration place : Bogotá D. C.

El Laboratorio de Metrología se exime de toda responsabilidad de información que suministre el cliente y pueda afectar a la validez de los resultados.

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al dispositivo relacionado, en el momento y condiciones en el que se realizaron las mediciones. El laboratorio de calibración de la CIHM no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

El usuario es responsable del intervalo de calibración que defina para el instrumento.

The Metrology Laboratory disclaims all responsibility for information provided by the client and may affect the validity of the results.

This certificate show the results of the measurements taken. It may not be reproduced except when prior written permission has been obtained from the laboratory issuing it.

The results contained in this certificate refer to the related device, at the time and conditions under which the measurements were taken. The calibration laboratory of the CIHM is not responsible for any damages that may result from improper use of the calibrated instrument.

The user is responsible for the calibration interval that he defines for the instrument.

1. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Calibration Method
 Se realizó comparación directa dentro de un medio isoterma estable a 23 °C +/- 1°C, de acuerdo al procedimiento interno del Laboratorio de Metrología de la Central de Ingeniería Hospitalaria y Mantenimiento, basado en el documento del Centro Español de Metrología código TH-007 para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad de aire.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

Environmental conditions
 Las condiciones ambientales durante la calibración fueron:

	Min	Max	U
Temperatura (°C)	23,2	23,2	0,3
Humedad relativa (% HR)	47,8	51,2	3,1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 CALIBRATION CERTIFICATE
 No. Certificado: H- 1- 1C - 20

3. TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN
 Measurement traceability

El laboratorio de metrología de la CIHM de Keralty, mantiene los patrones de referencia en condiciones físicas adecuadas para su conservación, los cuales han sido certificados asegurado la trazabilidad en las calibraciones realizadas con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Equipo	Identificación	No. Certificado	Fecha de calibración
Cámara ambiental	LC193	MET-LH-CC 13490/CL1539219	2019-10-03/2019-11-01
Termohigrómetro	LC091	MET-LH-CC 13519/ MET-LT-CC 26173	2019-10-11/2019-10-08
Termohigrómetro	LC092	MET-LH-CC 13520 / MET-LT-CC 26174	2019-10-11/2019-10-08

4. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN
 Measurement uncertainty

La incertidumbre de medición reportada se ha determinado multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura k, con el cual se logra un nivel de confianza, (probabilidad de cobertura), del 95,45% aproximadamente para una distribución t-student.

La incertidumbre de medición fue estimada de acuerdo con el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM member organizations (BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML). First edition. September 2008.

5. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN
 Measurement results

Humedad indicada por el instrumento patrón	Humedad indicada por el instrumento bajo prueba	Corrección a la indicación	Incertidumbre	k
30,61	33,5	-2,85	3,4	2,0
51,79	55,5	-3,71	3,2	2,0
75,35	79,0	-3,60	3,1	2,0

6. OBSERVACIONES
 Observations

Entrega del equipo:	Limpieza:	Adecuado	Pantalla superior:	No aplica	Botón de alarma:	No aplica	Sonda interna:	Adecuado
	Batería:	Adecuado	Pantalla inferior:	No aplica	Botón de modo in/out:	No aplica	Sonda externa:	No aplica
	Reseal:	No aplica	Pantalla:	No aplica	Botón de unidades:	No aplica	Carcasa:	Adecuado

Las condiciones físicas fueron propicias para la prestación del servicio.

7. DECLARACION DE CONFORMIDAD
 Conformity declaration

Con un error máximo indicado por el cliente de: 2 % de acuerdo con los puntos seleccionados, la conformidad es la siguiente:

Punto calibrado:	31 %HR	52 %HR	75 %HR
¿Conforme?	No	No	No

8. OPINIONES E INTERPRETACIONES
 Opinions and Interpretations

No aplica

Firma autorizada
 Authorized firm

Director técnico
 Revisado y aprobado

Metrologo II
 Elaboró

FIN CERTIFICADO
 End of certificate

✓ Anexo No. 5: Tablas de resultados y correcciones de medida para los sensores DHT22.

CALIBRACIÓN DE SENSORES							
DHT 22 SN: 17126C084							
Fecha: 18/03/2020							
CAI: 23.20 °C - 47.80 %				CAF: 23.20 °C - 51.20%			
TEMPERATURA: 15 °C HUMEDAD RELATIVA: 55%				HUMEDAD RELATIVA: 30 % TEMPERATURA: 23 °C			
Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida		Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida	
P1: 15.07 °C	P2: 15.01 °C	15.49 °C	(-) 0.45	P1: 30.65 %	P2: 30.57 %	31.70%	(-) 1.09 %
TEMPERATURA: 23 °C HUMEDAD RELATIVA: 53%				TEMPERATURA: 23 °C HUMEDAD RELATIVA: 50 %			
Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida		Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida	
P1: 22.89 °C	P2: 23.10 °C	23.30 °C	(-) 0.305	P1: 51.92 %	P2: 51.77%	52.70%	(-) 0.855 %
TEMPERATURA: 35 °C HUMEDAD RELATIVA: 53%				HUMEDAD RELATIVA: 75 % TEMPERATURA: 23 °C			
Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida		Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida	
P1: 34.95°C	P2: 35.08°C	35.34 °C	(-) 0.325	P1: 75.39 %	P2: 75.31 %	76.32%	(-) 0.97 %

CALIBRACIÓN DE SENSORES							
DHT 22 SN: 17126CA75							
Fecha: 18/03/2020							
CAI: 23.20 °C - 47.80 %				CAF: 23.20 °C - 51.20%			
TEMPERATURA: 15 °C HUMEDAD RELATIVA: 55%				HUMEDAD RELATIVA: 30 % TEMPERATURA: 23 °C			
Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida		Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida	
P1: 15.07 °C	P2: 15.01 °C	15.49 °C	(-) 0.45	P1: 30.65 %	P2: 30.57 %	38.40%	(-) 7.79%
TEMPERATURA: 23 °C HUMEDAD RELATIVA: 53%				TEMPERATURA: 23 °C HUMEDAD RELATIVA: 50 %			
Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida		Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida	
P1: 22.89 °C	P2: 23.10 °C	23.30	(-) 0.305	P1: 51.92 %	P2: 51.77%	57.30%	(-) 5.455 %
TEMPERATURA: 35 °C HUMEDAD RELATIVA: 53%				HUMEDAD RELATIVA: 75 % TEMPERATURA: 23 °C			
Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida		Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida	
P1: 34.95°C	P2: 35.08°C	35.34 °C	(-) 0.325	P1: 75.39 %	P2: 75.31 %	81.97%	(-) 6.615 %

CALIBRACIÓN DE SENSORES							
DHT 22 SN: 17126C481							
Fecha: 18/03/2020							
CAI: 23.20 °C - 47.80 %				CAF: 23.20 °C - 51.20%			
TEMPERATURA: 15 °C HUMEDAD RELATIVA: 55%				HUMEDAD RELATIVA: 30 % TEMPERATURA: 23 °C			
Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida		Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida	
P1: 15.07 °C	P2: 15.01 °C	15.67 °C	(-) 0.63	P1: 30.65 %	P2: 30.57 %	33.46%	(-) 2.85%
TEMPERATURA: 23 °C HUMEDAD RELATIVA: 53%				TEMPERATURA: 23 °C HUMEDAD RELATIVA: 50 %			
Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida		Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida	
P1: 22.89 °C	P2: 23.10 °C	23.79 °C	(-) 0.795	P1: 51.92 %	P2: 51.77%	55.50%	(-) 3.655 %
TEMPERATURA: 35 °C HUMEDAD RELATIVA: 53%				HUMEDAD RELATIVA: 75 % TEMPERATURA: 23 °C			
Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida		Medición patrón	Medición Sensor	Corrección de medida	
P1: 34.95°C	P2: 35.08°C	33.52 °C	(-) 0.675	P1: 75.39 %	P2: 75.31 %	78.95%	(-) 3.60 %

✓ Anexo No. 6: Protocolo de limpieza

El protocolo de limpieza que se llevó a cabo en los dispositivos se realizó mediante el uso de un desinfectante líquido para dispositivos médicos, que está especialmente indicado para la desinfección de material sanitario y equipos médicos como equipamiento quirúrgico, aparatos de ultrasonidos, bombas de infusión, incubadoras o camas de hospital. Posee una excelente compatibilidad con todo tipo de materiales, incluidos aquellos sensibles al alcohol. Su aplicación se describe a continuación:

- 1) Usar guantes.
- 2) Tener precaución en no rociar directamente en las aperturas del dispositivo.
- 3) Limpiar la superficie del dispositivo con un paño de un solo uso impregnado con el líquido desinfectante.
- 4) Dejar secar.
- 5) Esperar aproximadamente 1 minuto para efectuar el tiempo de contacto.
- 6) Dejar secar completamente.



Protocolo de limpieza de los dispositivos.

- ✓ Anexo No. 7: resultado de las pruebas de desempeño. Tablas con Datos de temperatura y humedad relativa tomados del termohigrómetro (TH) y sistema implementado en cada sala de cirugía.

SALA 2				
Hora	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	
	TH	Sistema	TH	Sistema
20:52	21.00	20.80	44.00	55.13
21:02	20.90	20.80	44.00	54.93
21:12	20.90	20.70	44.00	54.63
21:22	20.90	20.70	44.00	54.53
21:32	20.90	20.60	44.00	54.33
21:42	20.80	20.60	43.00	53.83
21:52	20.80	20.50	43.00	53.93
22:02	20.80	20.50	43.00	54.03
22:12	20.80	20.50	43.00	54.23
22:22	20.80	20.50	44.00	54.43
22:32	20.70	20.50	44.00	54.43
22:42	20.70	20.50	44.00	56.93
22:52	20.70	20.60	44.00	55.40
23:02	20.70	20.70	44.00	53.83
23:12	20.70	20.90	44.00	53.63
23:22	20.70	20.80	44.00	53.63
23:32	20.70	20.80	44.00	54.13
23:42	20.70	20.90	44.00	54.12
23:52	20.70	20.90	44.00	53.63

SALA 7				
Hora	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	
	TH	Sistema	TH	Sistema
20:52	18.50	17.94	46.00	50.48
21:02	18.50	18.04	46.00	51.37
21:12	18.50	18.04	46.00	49.48
21:22	18.50	18.14	46.00	50.18
21:32	18.50	18.14	46.00	51.18
21:42	18.50	18.04	46.00	49.18
21:52	18.50	18.04	46.00	50.18
22:02	18.50	18.14	47.00	51.08
22:12	18.50	18.04	46.00	49.78

22:22	18.40	18.04	46.00	50.38
22:32	18.40	18.04	47.00	51.28
22:42	18.40	17.84	46.00	50.08
22:52	18.40	18.04	46.00	50.13
23:02	18.40	17.94	46.00	49.98
23:12	18.40	18.24	47.00	51.48
23:22	18.40	17.94	46.00	49.58
23:32	18.40	17.94	47.00	51.68
23:42	18.40	17.94	47.00	50.03
23:52	18.40	17.84	47.00	51.13

SALA 8				
Hora	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	
	<i>TH</i>	<i>Sistema</i>	<i>TH</i>	<i>Sistema</i>
20:52	19.40	18.74	39.00	56.83
21:02	19.40	18.74	39.00	56.83
21:12	19.40	18.74	39.00	56.43
21:22	19.40	18.74	39.00	56.73
21:32	19.40	18.84	39.00	56.53
21:42	19.40	18.74	38.00	55.83
21:52	19.40	18.74	39.00	56.23
22:02	19.40	18.64	39.00	56.63
22:12	19.30	18.64	38.00	56.13
22:22	19.30	18.64	38.00	55.43
22:32	19.30	18.64	39.00	56.33
22:42	19.30	18.64	40.00	56.33
22:52	19.10	18.54	39.00	56.53
23:02	19.10	18.54	38.00	56.93
23:12	19.10	18.54	40.00	57.13
23:22	19.10	18.54	39.00	56.43
23:32	19.10	18.54	40.00	57.33
23:42	19.10	18.54	40.00	56.40
23:52	19.10	18.84	40.00	56.50

Tablas con los resultados de pruebas del porcentaje de presión positiva en los dos escenarios de estudio planteados.

Hora	PRESIÓN POSITIVA (%) - Primer escenario					
	Sala 2		Sala 7		Sala 8	
	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>
7:00	3.3	4.6	4.0	5.0	4.0	2.0
7:30	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	0.0
8:00	2.0	4.0	3.0	4.1	1.0	0.4
8:30	3.0	3.0	3.0	3.4	1.0	0.7
9:00	5.0	1.5	5.0	3.5	1.0	1.0
9:30	3.2	1.7	4.0	3.2	1.1	1.0
10:00	2.0	2.6	3.0	4.0	0.0	5.0
10:30	4.2	2.1	4.6	3.3	1.2	0.6
11:00	3.0	3.2	3.1	3.6	1.0	0.0
11:30	3.0	3.5	4.0	3.5	2.0	2.0
12:00	3.4	2.4	3.2	4.0	1.0	0.0
12:30	3.0	4.0	4.0	4.0	1.3	3.4
13:00	2.3	3.2	4.2	5.0	1.0	1.0
13:30	5.0	3.0	5.0	5.4	0.3	0.4
14:00	3.1	4.0	6.0	8.0	2.4	2.0
14:30	5.0	4.2	7.0	8.2	0.4	0.6
15:00	4.0	4.0	5.0	3.1	1.0	2.3
15:30	5.2	3.4	5.2	5.5	2.1	1.0
16:00	5.4	5.3	7.0	5.2	2.5	0.8
16:30	6.0	8.0	5.0	7.3	1.0	2.1
17:00	4.4	5.4	5.0	8.0	1.0	3.6
17:30	5.3	4.2	5.2	5.5	1.0	3.3
18:00	3.4	3.2	5.0	5.3	1.2	1.9
18:30	3.7	4.0	5.2	5.0	1.3	1.0
19:00	4.6	2.5	5.1	4.3	2.0	0.2

Hora	PRESIÓN POSITIVA (%) - Primer escenario					
	Sala 2		Sala 7		Sala 8	
	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>
7:00	3.3	4.6	4.0	5.0	4.0	2.0
7:30	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	0.0
8:00	2.0	4.0	3.0	4.1	1.0	0.4
8:30	3.0	3.0	3.0	3.4	1.0	0.7
9:00	5.0	1.5	5.0	3.5	1.0	1.0
9:30	3.2	1.7	4.0	3.2	1.1	1.0
10:00	2.0	2.6	3.0	4.0	0.0	5.0
10:30	4.2	2.1	4.6	3.3	1.2	0.6

11:00	3.0	3.2	3.1	3.6	1.0	0.0
11:30	3.0	3.5	4.0	3.5	2.0	2.0
12:00	3.4	2.4	3.2	4.0	1.0	0.0
12:30	3.0	4.0	4.0	4.0	1.3	3.4
13:00	2.3	3.2	4.2	5.0	1.0	1.0
13:30	5.0	3.0	5.0	5.4	0.3	0.4
14:00	3.1	4.0	6.0	8.0	2.4	2.0
14:30	5.0	4.2	7.0	8.2	0.4	0.6
15:00	4.0	4.0	5.0	3.1	1.0	2.3
15:30	5.2	3.4	5.2	5.5	2.1	1.0
16:00	5.4	5.3	7.0	5.2	2.5	0.8
16:30	6.0	8.0	5.0	7.3	1.0	2.1
17:00	4.4	5.4	5.0	8.0	1.0	3.6
17:30	5.3	4.2	5.2	5.5	1.0	3.3
18:00	3.4	3.2	5.0	5.3	1.2	1.9
18:30	3.7	4.0	5.2	5.0	1.3	1.0
19:00	4.6	2.5	5.1	4.3	2.0	0.2