

Diseño de una guía de verificación para la evaluación de la calidad de la climatización en los quirófanos nacionales

2021



14 JUNIO 2022

Liliana Jiménez
Xochilt Urrutia
Néstor Fuentes



Tabla de contenido

Generalidades	4
Introducción	4
Objetivos	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Metas	5
Marco teórico	6
Estado del arte	6
Normativas y parámetros de medición	6
Equipo de medición	11
Base de datos y análisis de resultados	13
Hospital Nacional Especializado “Rosales”	13
Quirófano 2	13
Quirófano 3	14
Quirófano 6	16
Quirófano 7	17
Quirófano 8	19
Quirófano 9	20
Quirófano 10	22
Análisis General Hospital Nacional Especializado “Rosales”	23
Hospital Nacional General de Neumología y Medicina Familiar Saldaña "Dr. José Antonio Saldaña"	25
Quirófano 1	25
Quirófano 2	26
Quirófano 3	28
Análisis General Hospital Nacional General de Neumología y Medicina Familiar Saldaña "Dr. José Antonio Saldaña"	30
Conclusiones	32
Referencias	33

Detalle de figuras

Figura 1. Imagen de referencia para toma de datos de parámetros ambientales en los quirófanos (Elaboración propia). 11

Figura 2. Medidor ambiental multifunción REED LM-8000 (Tomado de: [24]) 11

Figura 3. Extech CO250 (Tomado de: [25]) 12

Figura 4. EN300: Medidor ambiental 5 en 1 (Tomado de: [26]) 12

Detalle de tablas

Tabla 1. Normativas y documentación consultada para el proyecto. 7

Tabla 2. Parámetros de interés aplicables a quirófanos salvadoreños. 9

Tabla 3. Equipo utilizado para la medición de parámetros en quirófanos. 11

Tabla 4. Análisis de parámetros en Quirófano #2 del Hospital “Rosales”. 13

Tabla 5. Análisis de parámetros en Quirófano #3 del Hospital “Rosales”. 14

Tabla 6. Análisis de parámetros en Quirófano #6 del Hospital “Rosales”. 16

Tabla 7. Análisis de parámetros en Quirófano #7 del Hospital “Rosales”. 17

Tabla 8. Análisis de parámetros en Quirófano #8 del Hospital “Rosales”. 19

Tabla 9. Análisis de parámetros en Quirófano #9 del Hospital “Rosales”. 20

Tabla 10. Análisis de parámetros en Quirófano #10 del Hospital “Rosales”. 22

Tabla 11. Resumen general Hospital Nacional Especializado “Rosales”. 23

Tabla 12. Análisis de parámetros en Quirófano #1 del Hospital “Saldaña”. 25

Tabla 13. Análisis de parámetros en Quirófano #2 del Hospital “Saldaña”. 26

Tabla 14. Análisis de parámetros en Quirófano #3 del Hospital “Saldaña”. 28

Tabla 15. Resumen general Hospital Nacional General de Neumología y Medicina Familiar Saldaña “Dr. José Antonio Saldaña”. 30

Generalidades

Introducción

El actual contexto de la pandemia ha generado la incertidumbre sobre la asepsia en las instituciones hospitalarias y, una de las áreas más críticas es el quirófano, lo que deriva en la necesidad de verificar a través de un estudio en sitio y la aplicación de normativas internacionales, la calidad y conformidad de los flujos y recambios de aire, así como la climatización general en las salas de operación que apoye en la implementación de cirugías seguras, es decir que procuren la disminución de infecciones nosocomiales y la optimización de los recursos para brindar un mejor servicio al paciente.

La investigación inició con un análisis documental de las normas aplicables a la climatización y ambientación del aire en quirófanos que apoyó en la definición de los parámetros a medir. Posteriormente se realizaron mediciones periódicas semanales por un período mínimo de 2 meses sobre estos parámetros los cuales fueron registrados en una base de datos. Esto permitió analizar estadísticamente el contexto actual de los quirófanos de dos hospitales nacionales, el Hospital Nacional Especializado "Rosales" y el Hospital Nacional General de Neumología y Medicina Familiar Saldaña "Dr. José Antonio Saldaña".

El proyecto permitirá mejorar las condiciones ambientales en los quirófanos de los hospitales nacionales a través de la elaboración de una Guía de verificación para evaluación de la calidad de la climatización, que sea el paso inicial de una propuesta de normativa salvadoreña específica para la evaluación de estas salas.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una guía de verificación para evaluación de la calidad de la climatización en los quirófanos nacionales que permitan realizar cirugías seguras y mantener las condiciones adecuadas para la protección de los pacientes y profesionales.

Objetivos específicos

1. Definir los criterios de diseño que deben cumplir la climatización y ambientación del aire en los quirófanos a partir de normas internacionales aplicables a El Salvador.
2. Realizar mediciones en un período mínimo de 2 meses sobre parámetros que permitan evaluar la climatización y ambientación del aire en los quirófanos de al menos un hospital nacional.
3. Analizar cada una de las mediciones y definir los parámetros críticos conforme a las necesidades hospitalarias nacionales que dé paso a la guía de verificación para evaluación de la climatización en los quirófanos nacionales.

Metas

Realizar mediciones en un período mínimo de 2 meses sobre los parámetros de temperatura, humedad relativa, concentración de dióxido de carbono (CO₂) y flujo de aire, que permitan evaluar la climatización y ambientación del aire en los quirófanos de al menos un hospital nacional.

Definir los parámetros críticos en la climatización y ambientación del aire en los quirófanos conforme a las necesidades hospitalarias nacionales que dé paso a la guía de verificación para evaluación de la climatización en los quirófanos nacionales.

Marco teórico

Estado del arte

La investigación consiste en realizar una medición estadística de ciertos parámetros ambientales como temperatura, humedad relativa, concentración de dióxido de carbono, mediciones referentes a flujos de aire [1], [2], iluminación y sonido ambiental dentro de los quirófanos de dos hospitales de El Salvador, de modo que se pueda evaluar si los criterios de diseño aplicados han sido los adecuados para la implementación de cirugías seguras, sobre todo dentro del actual contexto de la pandemia por COVID-19.

Internacionalmente, se han planteado diversos estudios que permiten evaluar la ventilación dentro de las salas de operaciones [3], [4], no solo con el fin de mantener la asepsia para las cirugías, sino también la ergonomía del personal clínico y pacientes [5]. A partir de este tipo de estudio y, en conjunto con normativas, se pueden plantear escenarios ideales para el diseño y operación de quirófanos [6], que permitan evaluar diferentes alternativas en el ámbito nacional y que conserven los niveles esperados de seguridad en los procedimientos.

Actualmente, en nuestro país se han hecho propuestas de sistemas de aire acondicionado en quirófanos [7] y se han evaluado criterios de diseño para la climatización de estas salas [8], sin embargo, no existe en nuestro país un estudio que permita validar y verificar este tipo de parámetros en quirófanos operativos, en donde es importante tener en cuenta las condiciones, protocolos y controles preventivos necesarios para garantizar la calidad del ambiente. Existen distintas normas específicas [9] aplicables al diseño, control y mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado de los centros sanitarios, entre las que se pueden mencionar UNE-100713, sobre instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales, la UNE-EN ISO 14644, sobre salas limpias y locales anexos, entre otras que ayudan a evaluar la calidad de aire en los quirófanos y posteriormente definir una serie de criterios que puedan convertirse en normativa posteriormente aplicable en el país.

Normativas y parámetros de medición

Las instituciones hospitalarias deben cubrir distintas necesidades en beneficio de la población, la principal es el servicio clínico, dentro del cual se involucran en gran medida las condiciones higiénicas, lo que requiere, junto a una buena formación, organización y disciplina del personal sanitario y técnico, que exista también una buena concepción y ejecución tanto de la obra civil como de las instalaciones y el clima ambiental. Lo anterior se debe tener en cuenta en el momento de proyectar y ejecutar, así como durante la puesta en marcha y mantenimiento de las instalaciones [10].

El contexto actual de la pandemia por COVID-19, ha llevado al ojo público la relevancia de contar con instalaciones que permitan la reducción de la concentración de sustancias contaminantes como: microorganismos, polvo, gases narcóticos, sustancias odoríferas u otras contenidas en el aire ambiente; así como la importancia de controlar los parámetros ambientales involucrados en las actividades que se realizan, sobre todo en un ambiente como los quirófanos, donde se atienden personas vulnerables en su estado de salud, con ello propensas a contraer el virus.

Por todo esto, es necesario establecer los límites máximos y mínimos de algunos parámetros de interés, de modo que se pueda conocer lo esperado de las instalaciones hospitalarias y contrastar con la realidad en El Salvador. Para ello, se hará uso de normativas internacionales, tanto europeas como americanas para definir los parámetros de interés y sus límites aceptables, esto ya que no se tiene documentación nacional con estos datos específicos. Sin embargo, dentro de estas normativas y recomendaciones internacionales se analizará la aplicabilidad de los parámetros a la realidad latinoamericana.

Las normativas y documentación consultada, así como su campo de aplicación y algunos datos relevantes de estos se consolidan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Normativas y documentación consultada para el proyecto.

Normativa	Campo de aplicación	Detalles
<i>UNE 100713:2005</i> <i>Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales [10]</i>	Contiene los requisitos que deben cumplir las instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales u otros edificios con actividades similares. Esta norma comprende todos los tipos de locales con exigencias higiénicas altas y habituales, más no contempla locales de los sectores administrativos y de servicios, así como otros locales no típicos en hospitales o clínicas.	Clasifica los locales de los hospitales en dos clases: • Clase de local I: con exigencias muy elevadas con respecto a la presencia de gérmenes en el aire impulsado y el ambiente (quirófanos). • Clase de local II: con exigencias habituales. Los locales Clase I necesitan tres niveles de filtración.
<i>UNE-EN ISO 14644-1:2015</i> <i>Salas limpias y locales anexos controlados</i> <i>Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire mediante la concentración de partículas [11]</i>	Contiene la clasificación de la limpieza del aire en salas limpias y zonas limpias, referido a la concentración de partículas contenidas en el aire y de los dispositivos de separación. Únicamente se consideran para los fines de clasificación los grupos de partículas que tienen distribuciones basadas en los rangos de tamaños límite entre 0.1 μm y 5 μm.	El uso de contadores de partículas (discretas) por dispersión de la luz (LSAPC, Light Scattering Airborne Particle Counters) es la base para la determinación de la concentración de las partículas suspendidas en el aire, iguales y superiores a los tamaños especificados. Esta norma no puede utilizarse para caracterizar la naturaleza física, química, radiológica, viable u otra naturaleza de las partículas contenidas por el aire.
<i>UNE-EN ISO 14644-2:2015. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 2: Seguimiento para</i>	Especifica los requisitos mínimos para un plan de verificación para la comprobación del funcionamiento de la sala limpia en función de la limpieza del aire mediante la	Esta norma no trata la verificación del estado en el que se encuentran otros aspectos tales como las vibraciones o el mantenimiento

<i>proporcionar evidencias del desempeño en relación con la limpieza del aire mediante la concentración de partículas [12]</i>	concentración de partículas, basándose en los parámetros que miden o modifican la concentración de partículas contenidas en el aire.	general de los sistemas de ingeniería. No trata la verificación de la cantidad de partículas que están fuera del límite inferior especificado en el rango de tamaño de partícula.
<i>Manual de Diseño de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado para Hospitales y Clínicas [13]</i>	Proporciona recomendaciones de diseño detalladas y soluciones comprobadas, rentables y confiables para el diseño de HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) para el cuidado de la salud, que brindan un bajo costo de mantenimiento y una alta confiabilidad basada en las mejores prácticas de consultores e ingenieros hospitalarios con experiencia en el diseño, construcción y operación de establecimientos de salud.	Aunque no es un documento de consenso, este manual se basa en gran medida en el estándar 170-2008 de ANSI / ASHRAE / ASHE, Ventilación de establecimientos de atención médica.
<i>ANSI/ASHRAE Addendum d to ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (IAQ) [14]</i>	Las concentraciones de CO ₂ en interiores se han discutido en el contexto de la IAQ y la ventilación durante siglos. Esas discusiones han considerado la importancia del CO ₂ en relación con la percepción de bioefluentes, su aplicación como una métrica de IAQ, el CO ₂ como un contaminante en sí mismo y su uso como gas trazador para estimar las tasas de ventilación del aire exterior.	Por lo general, se recomienda que los niveles de CO ₂ en interiores se mantengan dentro de 500-700 ppm de los niveles ambientales, ya que los aumentos más allá de esto conducirán a quejas de olor y comodidad entre una fracción inaceptable de ocupantes. Sin embargo, en la versión 2019 de este estándar, no se establece un límite de CO ₂ en interiores [15].
<i>UNE-EN 60601-2-41:2010 Equipos electromédicos. Parte 2-41: Requisitos particulares para la seguridad básica y funcionamiento esencial de las luminarias quirúrgicas y las</i>	Se aplica a la seguridad básica y al funcionamiento esencial de las luminarias quirúrgicas y de las luminarias para diagnóstico.	Esta norma no se aplica para proyectores delanteros, endoscopios, laparoscopios y sus fuentes de iluminación, luminarias utilizadas en odontología, luminarias de uso general, luminarias para fines terapéuticos, luminarias para fines especiales, luces conectadas a instrumentos quirúrgicos ni luminarias para emergencia.

<i>luminarias para diagnóstico [16]</i>		
---	--	--

Por otro lado, los parámetros de medición, su definición y valores de referencia se detallan en la **Tabla 2**, con estos se evaluará el estado óptimo de los quirófanos, así como el bienestar dependiendo de la actividad corporal, vestimenta, así como la temperatura seca y radiante del local, humedad relativa, velocidad del aire y su grado de turbulencia.

Tabla 2. *Parámetros de interés aplicables a quirófanos salvadoreños.*

Normativa	Parámetros de interés	Definición	Parámetros de referencia
<i>UNE 100713:2005 Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales [10]</i>	Temperatura del ambiente	Indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire [17] del recinto en un momento específico, esta experimenta variaciones en el tiempo y espacio.	22 °C – 26 °C
	Humedad relativa	Indica la cantidad de vapor de agua que se encuentra presente en el aire. Depende, en parte, de la temperatura, ya que el aire caliente contiene más humedad que el frío [17].	45 % - 55 %
	Presión sonora	Diferencia entre la presión instantánea debida al sonido y la presión atmosférica (presión ambiental sin sonido). La presión sonora, a diferencia de la atmosférica varía con rapidez (de valores positivos a negativos) [18].	40 dB (A*) máximo
<i>Manual de Diseño de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado para Hospitales y Clínicas [13]</i>	Velocidad del aire	Movimiento que describe una masa de gas, es un velo muy fino con fluidez, completamente variable y con diversos contrastes térmicos. Parámetro fundamental a la hora de evaluar el rendimiento de un sistema con flujo de aire [19], [20].	0.15 m/s – 1.3 m/s
	Cambios de aire por hora	La ventilación permite sustituir el aire ambiental existente en un recinto, el cual se considera indeseable porque carece de temperatura adecuada, pureza o humedad, por otro que aporte una mejora a estas características. Para lograrlo, se emplea un sistema de extracción	20 cambios de aire por hora, incluyendo cuatro cambios de aire exterior (20%)

		de aire y otro de inyección, los cuales provocan a su paso un barrido o flujo de aire constante que se llevará todas las partículas contaminadas o no deseadas en un tiempo determinado [21].	
<i>ANSI/ASHRAE Addendum d to ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (IAQ) [14], [17]</i>	Concentración de dióxido de carbono	Número de partículas individuales de CO ₂ por unidad de volumen de aire [11]	1,000 ppm máximo (considerando una concentración de 300 ppm en exterior y espacios con requisito de ventilación del aire exterior de 7.5 L/s)
<i>UNE-EN 60601-2-41:2010 Equipos electromédicos. Parte 2-41: Requisitos particulares para la seguridad básica y funcionamiento esencial de las luminarias quirúrgicas y las luminarias para diagnóstico [16]</i>	Iluminación ambiental	Cantidad de flujo luminoso (lúmen) que, emitido por una fuente de luz, llega vertical u horizontalmente a una superficie, dividido por dicha superficie, siendo su unidad de medida el lux. El nivel de iluminancia debe fijarse en función del tipo de tarea a realizar (necesidades de agudeza visual), las condiciones ambientales y la duración de la actividad [23].	1,000 lx mínimo

* Al realizarse la medición de un nivel sonoro de un sonido complejo y se desea obtener un resultado que represente la sensación que ese sonido provoca sobre el oído humano, es necesario alterar el resultado de forma que se tenga en consideración que la sensibilidad del oído depende de la frecuencia del sonido. Para ello existen 3 curvas de ponderación que fueron normalizadas internacionalmente:

- Curva de ponderación "A": coincide con el inverso de la curva de isófona correspondiente a 40 fonios (aplicable a niveles sonoros no muy altos, niveles de sonoridad inferiores a 55 fonios). Es la más utilizada.

Finalmente, como se ve en la **Figura 1**, se hicieron mediciones de temperatura, humedad relativa, presión sonora, velocidad de aire, cambios de aire, concentración de dióxido de carbono (CO₂) e iluminación ambiental. En el caso de la temperatura y humedad relativa, se tomaron de referencia cinco puntos de medición, que permitieran corroborar independientemente de la posición, que estos datos se mantienen constantes en todo el quirófano durante el proceso de intervención del paciente.

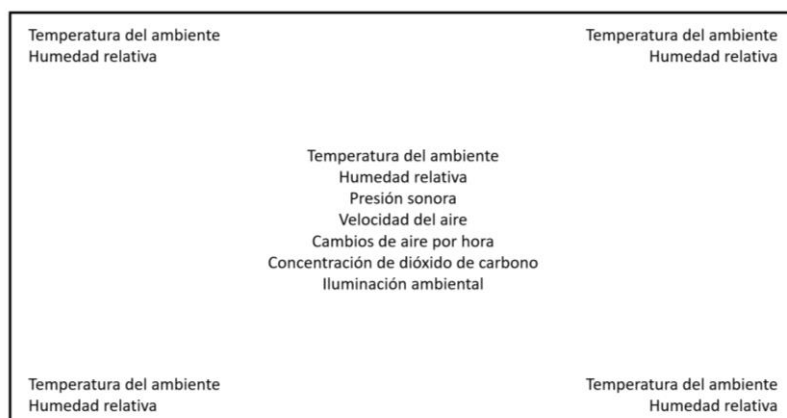


Figura 1. Imagen de referencia para toma de datos de parámetros ambientales en los quirófanos (Elaboración propia).

Equipo de medición

La medición de parámetros ambientales se realizó utilizando los instrumentos detallados en la **Tabla 3**. El primero de ellos fue adquirido especialmente para el desarrollo de este proyecto, razón por la cual es el que presenta calibración más reciente. Los otros dos, se poseían con antelación en la Escuela de Biomédica, razón por la cual se utilizaron solo para medir un parámetro de interés cada uno.

Tabla 3. Equipo utilizado para la medición de parámetros en quirófanos.

Equipo	Características	Parámetros medidos
 Figura 2. Medidor ambiental multifunción REED LM-8000 (Tomado de: [24])	• Medidor ambiental compacto 6 en 1 mide la velocidad del aire, la temperatura del aire, la temperatura ambiente, la humedad relativa, la luz y la temperatura de contacto. • La velocidad del aire se mide en m/s, ft/min, km/h, mph o nudos • Los niveles de luz se miden en velas o lux • La temperatura se mide en °C o °F • Funciones de retención de datos y máx. / Mín. • Botón de ajuste cero (medidor de luz) • Indicador de batería baja y apagado automático	• Temperatura ambiental en °C • Humedad relativa en % • Velocidad del aire en m/s • Iluminación ambiental en lux
	• Medidor portátil de CO₂ del aire interior, temperatura, humedad, punto de rocío y bulbo húmedo. • Comprueba las concentraciones de dióxido de carbono y calcula TWA (promedio ponderado en el tiempo de 8 horas) y STEL (límite de exposición a corto plazo de 15 minutos). • Alarma audible programable por el usuario. • Software de adquisición de datos y cable incluidos para registrar y documentar datos de CO₂, humedad y temperatura.	• Concentración de dióxido de carbono (CO₂) en ppm

Figura 3. Extech CO250 (Tomado de: [25])	● Completo con software y cable, 4 baterías AA y estuche de transporte.	
Figura 4. EN300: Medidor ambiental 5 en 1 (Tomado de: [26])	● Medidor de humedad relativa, temperatura ambiental, velocidad del aire, iluminación y sonido ambiental. ● Gran pantalla LCD. Los caracteres en la pantalla cambian de dirección según el higrotermoanemómetro o el modo de luz y sonido. ● Retención de datos, Mín. / Máx., Apagado automático, Indicación de batería baja / sobrerango. ● La rueda de paletas de baja fricción incorporada mejora la precisión de la velocidad del aire en pies / min, MPH, m / s, km / hy nudos. ● Sensor de humedad de capacitancia de película delgada de precisión incorporado para una respuesta rápida. Termistor integrado para medidas de temperatura ambiente. La entrada tipo K mide la temperatura a 2372 ° (1300 ° C). ● Utiliza un fotodiodo de precisión y un filtro de corrección para mediciones de luz con corrección de color y coseno. ● La medición del nivel de sonido cumple con la norma IEC 61672 clase 2 con una ponderación de frecuencia A y un tiempo de respuesta rápido. ● Completo con sonda de termopar tipo K, estuche y seis baterías AAA de 1.5V.	● Sonido ambiental en dB

Base de datos y análisis de resultados

Hospital Nacional Especializado “Rosales”

El análisis de las bases de datos se realizará para cada quirófano estudiado en las visitas de campo y, finalmente un análisis general del estado del hospital.

Quirófano 2

Tabla 4. Análisis de parámetros en Quirófano #2 del Hospital “Rosales”.

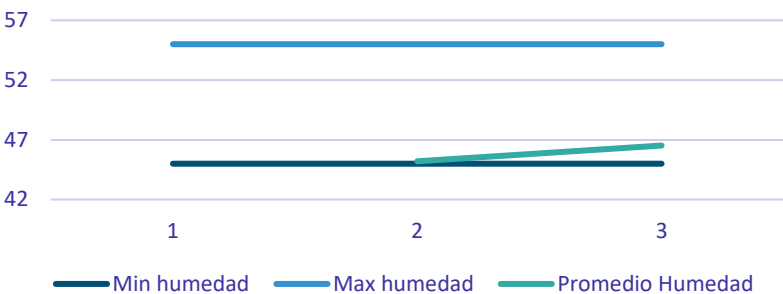
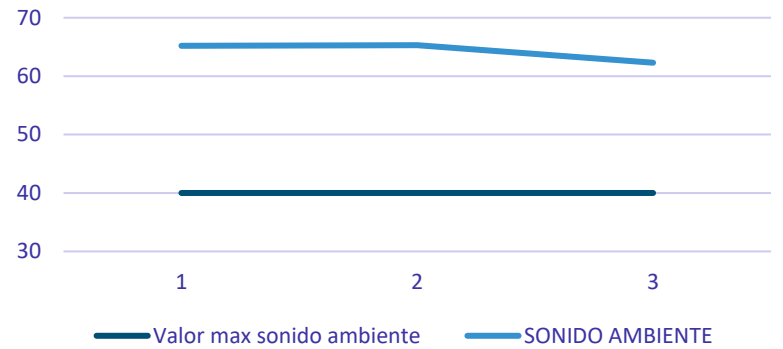
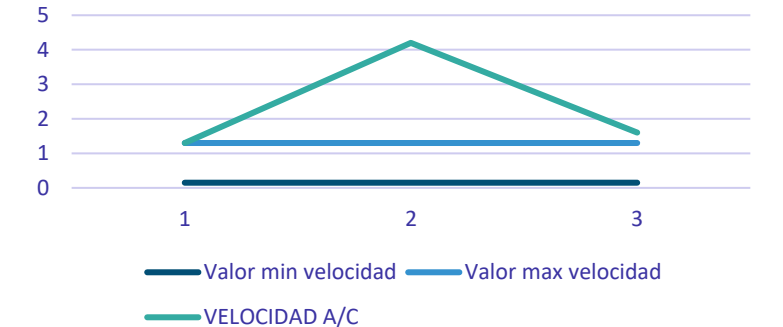
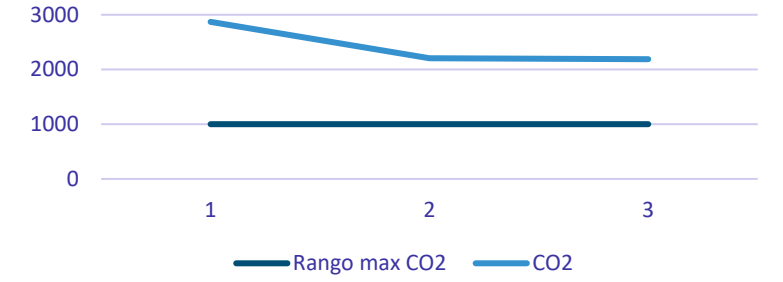
Gráfica	Análisis																
Gráfica temperatura quirófano 2 <table><tr><th>Punto</th><th>Min temperatura</th><th>Max temperatura</th><th>Promedio Temperatura</th></tr><tr><td>1</td><td>21.5</td><td>26.0</td><td>24.5</td></tr><tr><td>2</td><td>21.5</td><td>26.0</td><td>25.5</td></tr><tr><td>3</td><td>21.5</td><td>26.0</td><td>22.0</td></tr></table>	Punto	Min temperatura	Max temperatura	Promedio Temperatura	1	21.5	26.0	24.5	2	21.5	26.0	25.5	3	21.5	26.0	22.0	Las tres mediciones realizadas indican que las temperaturas se encontraron dentro del rango esperado, según la normativa. La última, justo en el límite inferior. Conclusión: 100% de los datos dentro de rango.
Punto	Min temperatura	Max temperatura	Promedio Temperatura														
1	21.5	26.0	24.5														
2	21.5	26.0	25.5														
3	21.5	26.0	22.0														
Gráfica humedad quirófano 2 <table><tr><th>Punto</th><th>Min humedad</th><th>Max humedad</th><th>Promedio Humedad</th></tr><tr><td>1</td><td>45.0</td><td>55.0</td><td>55.0</td></tr><tr><td>2</td><td>45.0</td><td>55.0</td><td>45.0</td></tr><tr><td>3</td><td>45.0</td><td>55.0</td><td>53.0</td></tr></table>	Punto	Min humedad	Max humedad	Promedio Humedad	1	45.0	55.0	55.0	2	45.0	55.0	45.0	3	45.0	55.0	53.0	Las tres mediciones realizadas indican que la humedad relativa se encontró cercana a los límites inferior y superior del rango esperado, según la normativa. La segunda medición, incluso ligeramente más baja que el valor mínimo del rango aceptable. Conclusión: 66.67% de los datos dentro de rango y 33.33% de los datos fuera de rango.
Punto	Min humedad	Max humedad	Promedio Humedad														
1	45.0	55.0	55.0														
2	45.0	55.0	45.0														
3	45.0	55.0	53.0														
Gráfica sonido ambiente quirófano 2 <table><tr><th>Punto</th><th>Valor max sonido ambiente</th><th>SONIDO AMBIENTE</th></tr><tr><td>1</td><td>40.0</td><td>68.0</td></tr><tr><td>2</td><td>40.0</td><td>62.0</td></tr><tr><td>3</td><td>40.0</td><td>50.0</td></tr></table>	Punto	Valor max sonido ambiente	SONIDO AMBIENTE	1	40.0	68.0	2	40.0	62.0	3	40.0	50.0	Las tres mediciones realizadas indican que la presión sonora se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.				
Punto	Valor max sonido ambiente	SONIDO AMBIENTE															
1	40.0	68.0															
2	40.0	62.0															
3	40.0	50.0															

Gráfica velocidad quirófano 2 — Valor min velocidad — Valor max velocidad — VELOCIDAD A/C	Las dos mediciones realizadas indican que la velocidad del aire se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.
Gráfica CO2 quirófano 2 — Rango max CO2 — CO2	Las tres mediciones realizadas indican que la concentración de dióxido de carbono se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.
Gráfica iluminación quirófano 2 — Valor min iluminación — ILUMINACIÓN CAMA 1 — ILUMINACIÓN AMBIENTE	Las seis mediciones realizadas indican que la iluminación ambiental se encontró bajo el límite mínimo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.

Quirófano 3

Tabla 5. Análisis de parámetros en Quirófano #3 del Hospital “Rosales”.

Gráfica	Análisis
Gráfica temperatura quirófano 3 — Min temperatura — Max temperatura — Promedio Temperatura	Las dos mediciones realizadas indican que las temperaturas se encontraron dentro del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos dentro de rango.

Gráfica humedad quirófano 3  <table><tr><th>Punto</th><th>Min humedad</th><th>Max humedad</th><th>Promedio Humedad</th></tr><tr><td>1</td><td>42</td><td>54</td><td>43</td></tr><tr><td>2</td><td>42</td><td>54</td><td>43.5</td></tr><tr><td>3</td><td>42</td><td>54</td><td>44</td></tr></table>	Punto	Min humedad	Max humedad	Promedio Humedad	1	42	54	43	2	42	54	43.5	3	42	54	44	Las dos mediciones realizadas indican que la humedad relativa se encontró dentro de rango y cercana al límite inferior del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos dentro de rango.
Punto	Min humedad	Max humedad	Promedio Humedad														
1	42	54	43														
2	42	54	43.5														
3	42	54	44														
Gráfica sonido ambiente quirófano 3  <table><tr><th>Punto</th><th>Valor max sonido ambiente</th><th>SONIDO AMBIENTE</th></tr><tr><td>1</td><td>40</td><td>65</td></tr><tr><td>2</td><td>40</td><td>66</td></tr><tr><td>3</td><td>40</td><td>62</td></tr></table>	Punto	Valor max sonido ambiente	SONIDO AMBIENTE	1	40	65	2	40	66	3	40	62	Las tres mediciones realizadas indican que la presión sonora se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.				
Punto	Valor max sonido ambiente	SONIDO AMBIENTE															
1	40	65															
2	40	66															
3	40	62															
Gráfica velocidad quirófano 3  <table><tr><th>Punto</th><th>Valor min velocidad</th><th>Valor max velocidad</th><th>VELOCIDAD A/C</th></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1.2</td><td>1.2</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>1.2</td><td>4.2</td></tr><tr><td>3</td><td>0</td><td>1.2</td><td>1.5</td></tr></table>	Punto	Valor min velocidad	Valor max velocidad	VELOCIDAD A/C	1	0	1.2	1.2	2	0	1.2	4.2	3	0	1.2	1.5	Las tres mediciones realizadas indican que la velocidad del aire se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.
Punto	Valor min velocidad	Valor max velocidad	VELOCIDAD A/C														
1	0	1.2	1.2														
2	0	1.2	4.2														
3	0	1.2	1.5														
Gráfica CO2 quirófano 3  <table><tr><th>Punto</th><th>Rango max CO2</th><th>CO2</th></tr><tr><td>1</td><td>1000</td><td>2800</td></tr><tr><td>2</td><td>1000</td><td>2200</td></tr><tr><td>3</td><td>1000</td><td>2200</td></tr></table>	Punto	Rango max CO2	CO2	1	1000	2800	2	1000	2200	3	1000	2200	Las tres mediciones realizadas indican que la concentración de dióxido de carbono se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.				
Punto	Rango max CO2	CO2															
1	1000	2800															
2	1000	2200															
3	1000	2200															

Gráfica iluminación quirófano 3 — Valor min iluminación — ILUMINACIÓN CAMA 1 — ILUMINACIÓN AMBIENTE	Las seis mediciones realizadas indican que la iluminación ambiental se encontró bajo el límite mínimo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.
---	--

Quirófano 6

Tabla 6. Análisis de parámetros en Quirófano #6 del Hospital “Rosales”.

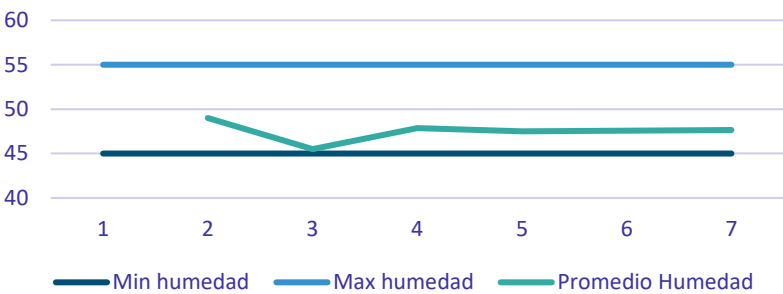
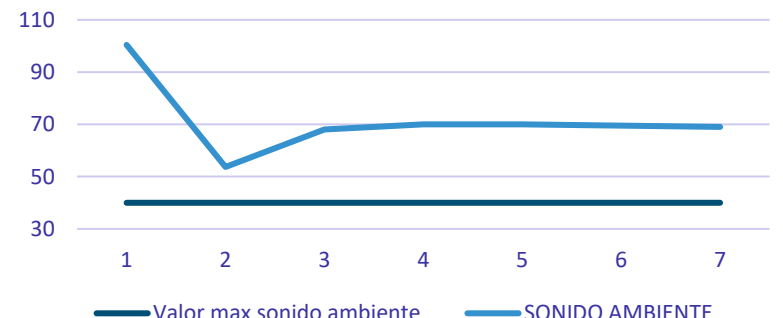
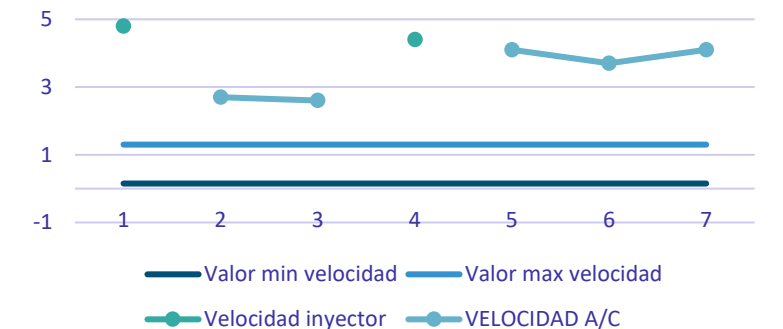
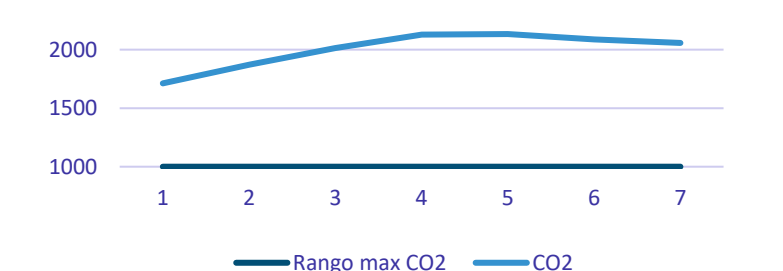
Gráfica	Análisis
Gráfica temperatura quirófano 6 — Min temperatura — Max temperatura — Promedio Temperatura	Las 19 mediciones realizadas indican que las temperaturas se encontraron dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 36.84% de los datos dentro de rango y 63.16% de los datos fuera de rango.
Gráfica humedad quirófano 6 — Min humedad — Max humedad — Promedio Humedad	Las 19 mediciones realizadas indican que la humedad relativa se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 42.11% de los datos dentro de rango y 57.89% de los datos fuera de rango.
Gráfica sonido ambiente quirófano 6 — Valor max sonido ambiente — SONIDO AMBIENTE	Las 21 mediciones realizadas indican que la presión sonora se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.

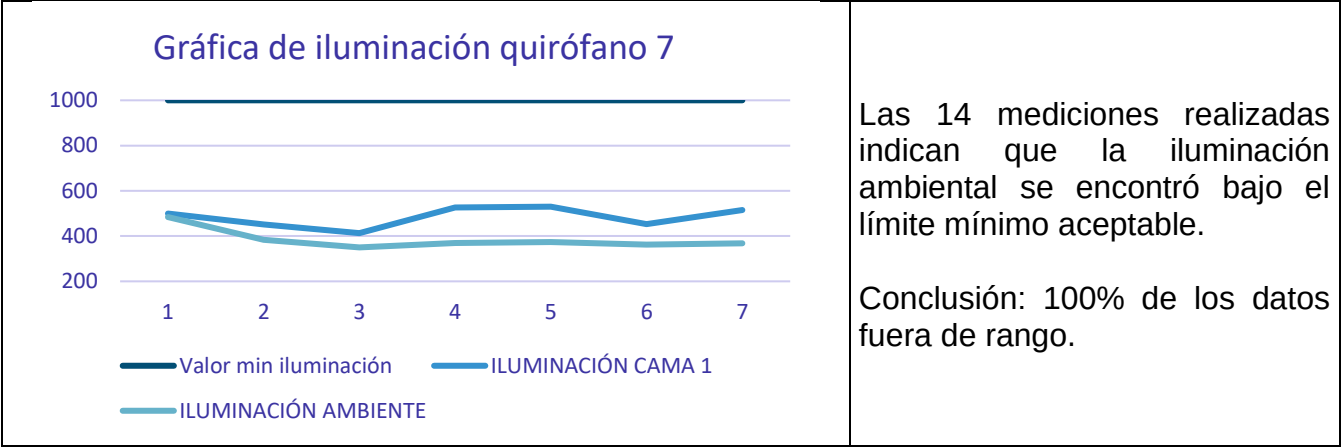
Gráfica velocidad quirófano 6 ● Velocidad inyector ● VELOCIDAD A/C — Valor min velocidad — Valor max velocidad	Las 20 mediciones realizadas indican que la velocidad del aire se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.
Gráfica CO2 quirófano 6 — Rango max CO2 — CO2	Las 21 mediciones realizadas indican que la concentración de dióxido de carbono se encontró sobre el límite máximo aceptable, excepto en una visita. Conclusión: 4.76% de los datos dentro de rango y 95.24% de los datos fuera de rango.
Gráfica de iluminación quirófano 6 — Valor min iluminación — ILUMINACIÓN CAMA 1 — ILUMINACIÓN CAMA 2 — ILUMINACIÓN AMBIENTE	Las 62 mediciones realizadas indican que la iluminación ambiental se encontró bajo el límite mínimo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.

Quirófano 7

Tabla 7. Análisis de parámetros en Quirófano #7 del Hospital “Rosales”.

Gráfica	Análisis
Gráfica temperatura quirófano 7 — Min temperatura — Max temperatura — Promedio Temperatura	Las seis mediciones realizadas indican que las temperaturas se encontraron dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 33.33% de los datos dentro de rango y 66.67% de los datos fuera de rango.

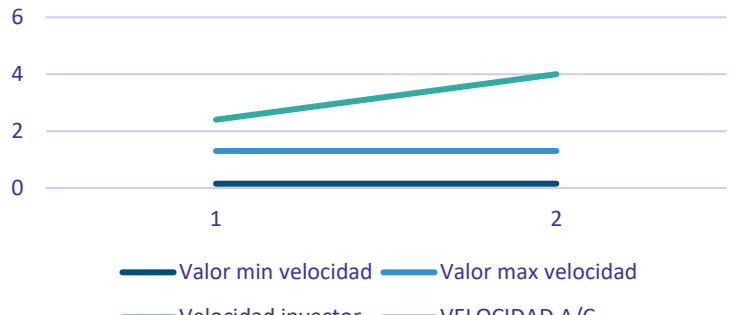
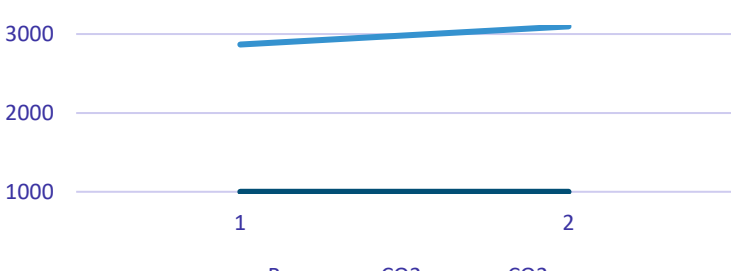
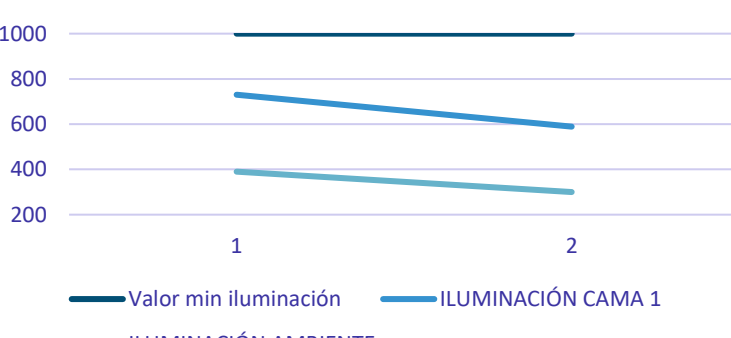
Gráfica humedad quirófano 7  <table><tr><th>Medición</th><th>Min humedad</th><th>Max humedad</th><th>Promedio Humedad</th></tr><tr><td>1</td><td>45</td><td>55</td><td>55</td></tr><tr><td>2</td><td>45</td><td>55</td><td>49</td></tr><tr><td>3</td><td>45</td><td>55</td><td>45</td></tr><tr><td>4</td><td>45</td><td>55</td><td>48</td></tr><tr><td>5</td><td>45</td><td>55</td><td>47.5</td></tr><tr><td>6</td><td>45</td><td>55</td><td>47.5</td></tr><tr><td>7</td><td>45</td><td>55</td><td>48</td></tr></table>	Medición	Min humedad	Max humedad	Promedio Humedad	1	45	55	55	2	45	55	49	3	45	55	45	4	45	55	48	5	45	55	47.5	6	45	55	47.5	7	45	55	48	Las seis mediciones realizadas indican que la humedad relativa se encontró dentro del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos dentro de rango.								
Medición	Min humedad	Max humedad	Promedio Humedad																																						
1	45	55	55																																						
2	45	55	49																																						
3	45	55	45																																						
4	45	55	48																																						
5	45	55	47.5																																						
6	45	55	47.5																																						
7	45	55	48																																						
Gráfica sonido ambiente quirófano 7  <table><tr><th>Medición</th><th>Valor max sonido ambiente</th><th>SONIDO AMBIENTE</th></tr><tr><td>1</td><td>40</td><td>100</td></tr><tr><td>2</td><td>40</td><td>55</td></tr><tr><td>3</td><td>40</td><td>70</td></tr><tr><td>4</td><td>40</td><td>70</td></tr><tr><td>5</td><td>40</td><td>70</td></tr><tr><td>6</td><td>40</td><td>70</td></tr><tr><td>7</td><td>40</td><td>70</td></tr></table>	Medición	Valor max sonido ambiente	SONIDO AMBIENTE	1	40	100	2	40	55	3	40	70	4	40	70	5	40	70	6	40	70	7	40	70	Las siete mediciones realizadas indican que la presión sonora se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.																
Medición	Valor max sonido ambiente	SONIDO AMBIENTE																																							
1	40	100																																							
2	40	55																																							
3	40	70																																							
4	40	70																																							
5	40	70																																							
6	40	70																																							
7	40	70																																							
Gráfica velocidad quirófano 7  <table><tr><th>Medición</th><th>Valor min velocidad</th><th>Valor max velocidad</th><th>Velocidad inyector</th><th>VELOCIDAD A/C</th></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1.5</td><td>4.8</td><td>1.5</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>1.5</td><td>2.5</td><td>2.5</td></tr><tr><td>3</td><td>0</td><td>1.5</td><td>2.5</td><td>2.5</td></tr><tr><td>4</td><td>0</td><td>1.5</td><td>4.2</td><td>4.2</td></tr><tr><td>5</td><td>0</td><td>1.5</td><td>4.2</td><td>4.2</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>1.5</td><td>4.2</td><td>4.2</td></tr><tr><td>7</td><td>0</td><td>1.5</td><td>4.2</td><td>4.2</td></tr></table>	Medición	Valor min velocidad	Valor max velocidad	Velocidad inyector	VELOCIDAD A/C	1	0	1.5	4.8	1.5	2	0	1.5	2.5	2.5	3	0	1.5	2.5	2.5	4	0	1.5	4.2	4.2	5	0	1.5	4.2	4.2	6	0	1.5	4.2	4.2	7	0	1.5	4.2	4.2	Las siete mediciones realizadas indican que la velocidad del aire se encontró fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.
Medición	Valor min velocidad	Valor max velocidad	Velocidad inyector	VELOCIDAD A/C																																					
1	0	1.5	4.8	1.5																																					
2	0	1.5	2.5	2.5																																					
3	0	1.5	2.5	2.5																																					
4	0	1.5	4.2	4.2																																					
5	0	1.5	4.2	4.2																																					
6	0	1.5	4.2	4.2																																					
7	0	1.5	4.2	4.2																																					
Gráfica CO2 quirófano 7  <table><tr><th>Medición</th><th>Rango max CO2</th><th>CO2</th></tr><tr><td>1</td><td>1000</td><td>1700</td></tr><tr><td>2</td><td>1000</td><td>1850</td></tr><tr><td>3</td><td>1000</td><td>2000</td></tr><tr><td>4</td><td>1000</td><td>2000</td></tr><tr><td>5</td><td>1000</td><td>2000</td></tr><tr><td>6</td><td>1000</td><td>2000</td></tr><tr><td>7</td><td>1000</td><td>2000</td></tr></table>	Medición	Rango max CO2	CO2	1	1000	1700	2	1000	1850	3	1000	2000	4	1000	2000	5	1000	2000	6	1000	2000	7	1000	2000	Las siete mediciones realizadas indican que la concentración de dióxido de carbono se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.																
Medición	Rango max CO2	CO2																																							
1	1000	1700																																							
2	1000	1850																																							
3	1000	2000																																							
4	1000	2000																																							
5	1000	2000																																							
6	1000	2000																																							
7	1000	2000																																							



Quirófano 8

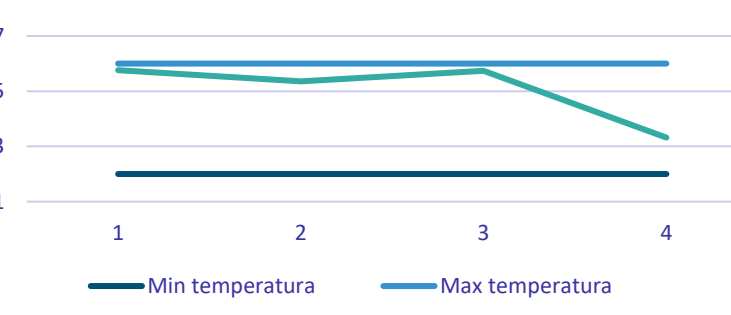
Tabla 8. Análisis de parámetros en Quirófano #8 del Hospital “Rosales”.

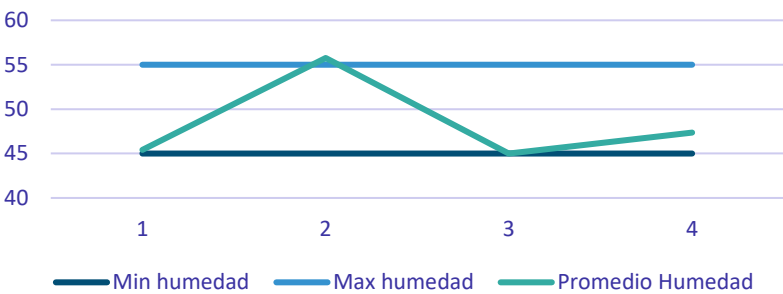
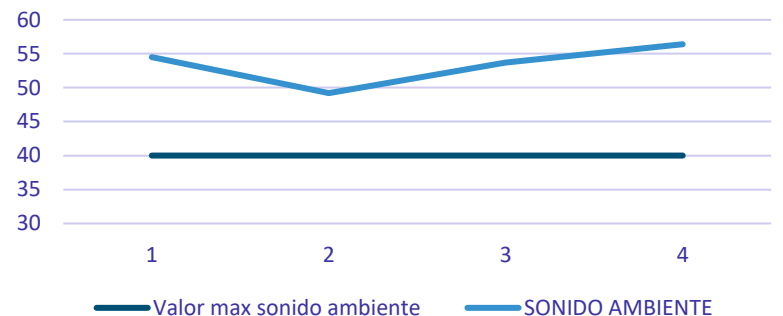
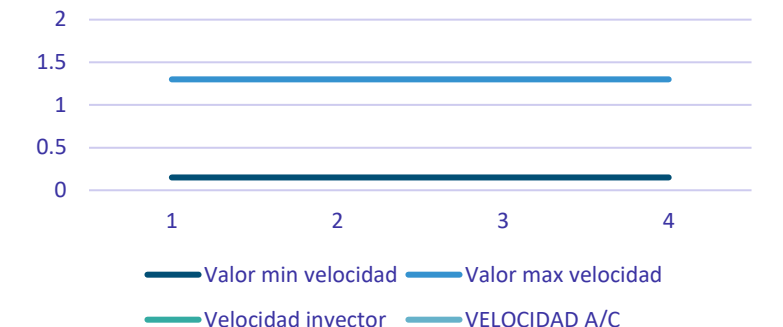
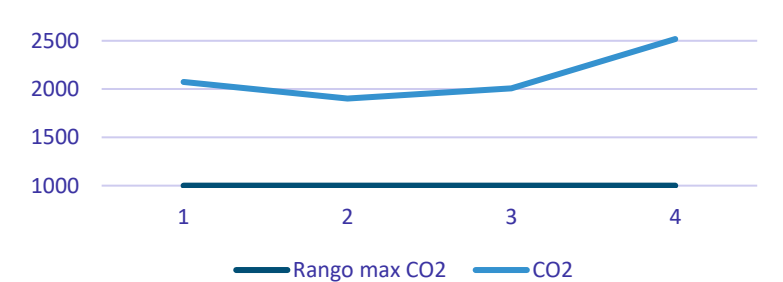
Gráfica	Análisis
Gráfica temperatura quirófano 8 Las dos mediciones realizadas indican que las temperaturas se encontraron dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 50% de los datos dentro de rango y 50% de los datos fuera de rango.	
Gráfica humedad quirófano 8 Las dos mediciones realizadas indican que la humedad relativa se encontró fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.	
Gráfica sonido ambiente quirófano 8 Las dos mediciones realizadas indican que la presión sonora se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.	

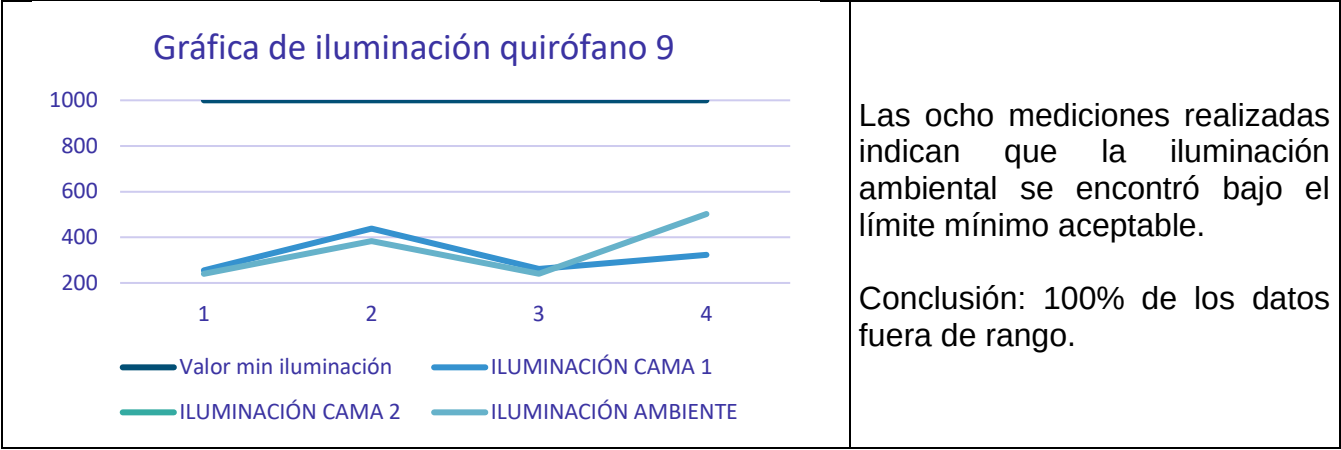
Gráfica velocidad quirófano 8  — Valor min velocidad — Valor max velocidad — Velocidad inyector — VELOCIDAD A/C	Las dos mediciones realizadas indican que la velocidad del aire se encontró fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.
Gráfica CO2 quirófano 8  — Rango max CO2 — CO2	Las dos mediciones realizadas indican que la concentración de dióxido de carbono se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.
Gráfica de iluminación quirófano 8  — Valor min iluminación — ILUMINACIÓN CAMA 1 — ILUMINACIÓN AMBIENTE	Las dos mediciones realizadas indican que la iluminación ambiental se encontró bajo el límite mínimo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.

Quirófano 9

Tabla 9. Análisis de parámetros en Quirófano #9 del Hospital “Rosales”.

Gráfica	Análisis
Gráfica temperatura quirófano 9  — Min temperatura — Max temperatura — Promedio Temperatura	Las cuatro mediciones realizadas indican que las temperaturas se encontraron dentro del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos dentro de rango.

Gráfica humedad quirófano 9  <table><tr><th>Punto</th><th>Min humedad</th><th>Max humedad</th><th>Promedio Humedad</th></tr><tr><td>1</td><td>45</td><td>55</td><td>45</td></tr><tr><td>2</td><td>45</td><td>55</td><td>55</td></tr><tr><td>3</td><td>45</td><td>55</td><td>45</td></tr><tr><td>4</td><td>45</td><td>55</td><td>47.5</td></tr></table>	Punto	Min humedad	Max humedad	Promedio Humedad	1	45	55	45	2	45	55	55	3	45	55	45	4	45	55	47.5	Las cuatro mediciones realizadas indican que la humedad relativa se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 75% de los datos dentro de rango y 25% de los datos fuera de rango.					
Punto	Min humedad	Max humedad	Promedio Humedad																							
1	45	55	45																							
2	45	55	55																							
3	45	55	45																							
4	45	55	47.5																							
Gráfica sonido ambiente quirófano 9  <table><tr><th>Punto</th><th>Valor max sonido ambiente</th><th>SONIDO AMBIENTE</th></tr><tr><td>1</td><td>40</td><td>54</td></tr><tr><td>2</td><td>40</td><td>49</td></tr><tr><td>3</td><td>40</td><td>53</td></tr><tr><td>4</td><td>40</td><td>56</td></tr></table>	Punto	Valor max sonido ambiente	SONIDO AMBIENTE	1	40	54	2	40	49	3	40	53	4	40	56	Las cuatro mediciones realizadas indican que la presión sonora se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.										
Punto	Valor max sonido ambiente	SONIDO AMBIENTE																								
1	40	54																								
2	40	49																								
3	40	53																								
4	40	56																								
Gráfica velocidad quirófano 9  <table><tr><th>Punto</th><th>Valor min velocidad</th><th>Valor max velocidad</th><th>Velocidad inyector</th><th>VELOCIDAD A/C</th></tr><tr><td>1</td><td>0.15</td><td>1.3</td><td>0.15</td><td>1.3</td></tr><tr><td>2</td><td>0.15</td><td>1.3</td><td>0.15</td><td>1.3</td></tr><tr><td>3</td><td>0.15</td><td>1.3</td><td>0.15</td><td>1.3</td></tr><tr><td>4</td><td>0.15</td><td>1.3</td><td>0.15</td><td>1.3</td></tr></table>	Punto	Valor min velocidad	Valor max velocidad	Velocidad inyector	VELOCIDAD A/C	1	0.15	1.3	0.15	1.3	2	0.15	1.3	0.15	1.3	3	0.15	1.3	0.15	1.3	4	0.15	1.3	0.15	1.3	Las cuatro mediciones realizadas indican que la velocidad del aire se encontró fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.
Punto	Valor min velocidad	Valor max velocidad	Velocidad inyector	VELOCIDAD A/C																						
1	0.15	1.3	0.15	1.3																						
2	0.15	1.3	0.15	1.3																						
3	0.15	1.3	0.15	1.3																						
4	0.15	1.3	0.15	1.3																						
Gráfico CO2 quirófano 9  <table><tr><th>Punto</th><th>Rango max CO2</th><th>CO2</th></tr><tr><td>1</td><td>1000</td><td>2100</td></tr><tr><td>2</td><td>1000</td><td>1900</td></tr><tr><td>3</td><td>1000</td><td>2000</td></tr><tr><td>4</td><td>1000</td><td>2500</td></tr></table>	Punto	Rango max CO2	CO2	1	1000	2100	2	1000	1900	3	1000	2000	4	1000	2500	Las cuatro mediciones realizadas indican que la concentración de dióxido de carbono se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.										
Punto	Rango max CO2	CO2																								
1	1000	2100																								
2	1000	1900																								
3	1000	2000																								
4	1000	2500																								



Quirófano 10

Tabla 10. Análisis de parámetros en Quirófano #10 del Hospital “Rosales”.

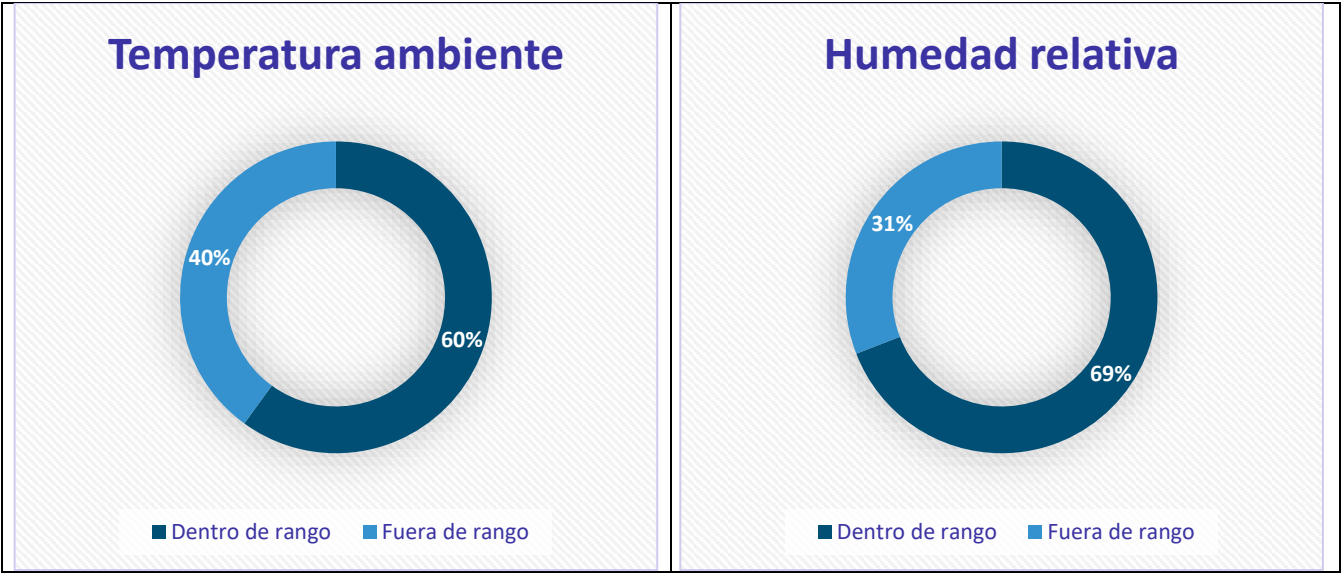
Gráfica	Análisis
Gráfica temperatura quirófano 10 Las dos mediciones realizadas indican que las temperaturas se encontraron fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.	
Gráfica humedad quirófano 10 Las dos mediciones realizadas indican que la humedad relativa se encontró dentro del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos dentro de rango.	
Gráfica sonido ambiente quirófano 10 Las dos mediciones realizadas indican que la presión sonora se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.	
No se tiene registros de la velocidad del aire en este quirófano, ya que no estaba en uso durante las visitas.	

Gráfico CO2 quirófano 10 Las dos mediciones realizadas indican que la concentración de dióxido de carbono se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.	
Gráfica de iluminación quirófano 10 Las cuatro mediciones realizadas indican que la iluminación ambiental se encontró bajo el límite mínimo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.	

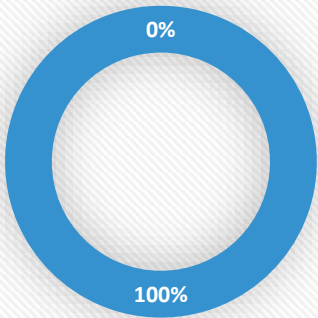
Análisis General Hospital Nacional Especializado “Rosales”

El resumen de los resultados generales obtenidos del Hospital “Rosales” se presenta en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Resumen general Hospital Nacional Especializado “Rosales”.

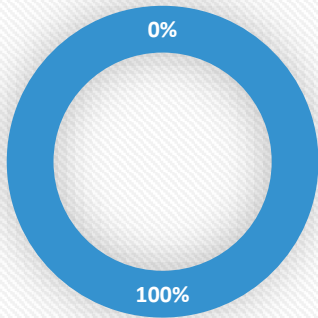


Presión sonora



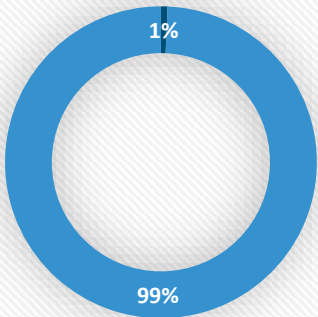
■ Dentro de rango ■ Fuera de rango

Velocidad del aire



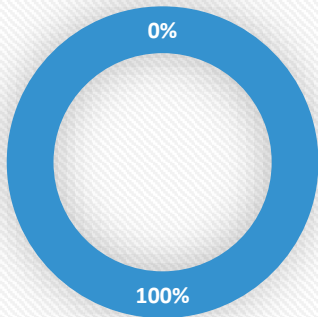
■ Dentro de rango ■ Fuera de rango

Dióxido de carbono



■ Dentro de rango ■ Fuera de rango

Iluminación ambiental



■ Dentro de rango ■ Fuera de rango

Hospital Nacional General de Neumología y Medicina Familiar Saldaña "Dr. José Antonio Saldaña"

Quirófano 1

Tabla 12. Análisis de parámetros en Quirófano #1 del Hospital “Saldaña”.

Gráfica	Análisis
Gráfica temperatura quirófano 1 — Valor min temp — Valor max temp — Promedio temperatura	Las 13 mediciones realizadas indican que las temperaturas se encontraron dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 84.62% de los datos dentro de rango y 15.38% de los datos fuera de rango.
Gráfica humedad quirófano 1 — Promedio humedad — Valor min humedad — Valor max humedad	Las 13 mediciones realizadas indican que la humedad relativa se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 15.38% de los datos dentro de rango y 82.64% de los datos fuera de rango.
Gráfica sonido ambiente quirófano 1 — Valor max sonido ambiente — SONIDO AMBIENTE	Las 15 mediciones realizadas indican que la presión sonora se encontró sobre el límite máximo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.

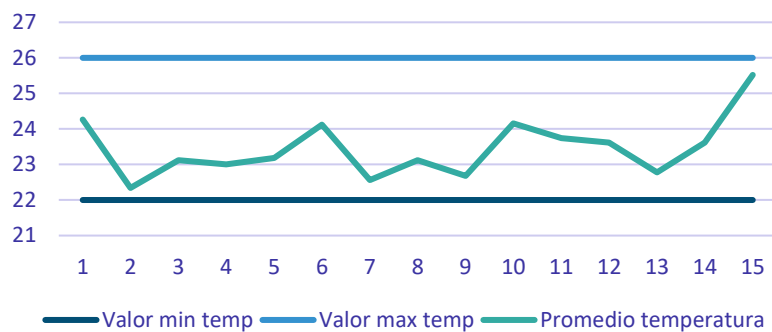
Gráfica velocidad quirófano 1 Valor min velocidad Valor max velocidad VELOCIDAD A/C VELOCIDAD INYECTOR	Las 14 mediciones realizadas indican que la velocidad del aire se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 14.29% de los datos dentro de rango y 85.71% de los datos fuera de rango.
Gráfica CO2 quirófano 1 Rango max CO2 CO2	Las 15 mediciones realizadas indican que la concentración de dióxido de carbono se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 60% de los datos dentro de rango y 40% de los datos fuera de rango.
Gráfica iluminación quirófano 1 Valor min iluminación Valor max iluminación ILUMINACIÓN CAMA 1 ILUMINACIÓN AMBIENTE	Las 30 mediciones realizadas indican que la iluminación ambiental se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 3.33% de los datos dentro de rango y 96.67% de los datos fuera de rango.

Quirófano 2

Tabla 13. Análisis de parámetros en Quirófano #2 del Hospital “Saldaña”.

Gráfica	Análisis
---------	----------

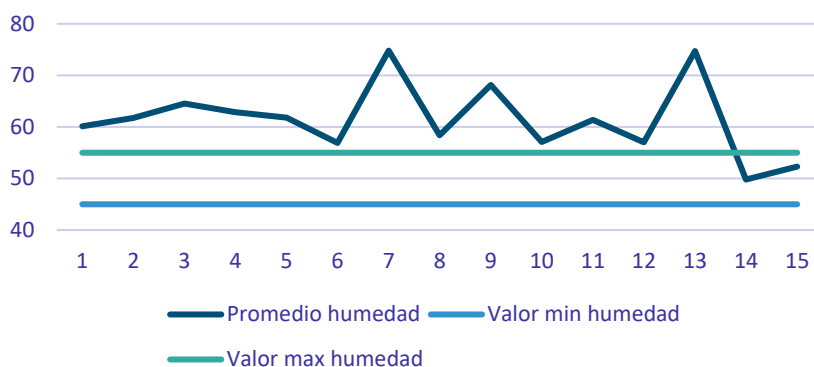
Gráfica temperatura quirófano 2



Las 15 mediciones realizadas indican que las temperaturas se encontraron dentro del rango esperado, según la normativa.

Conclusión:
100% de los datos dentro de rango.

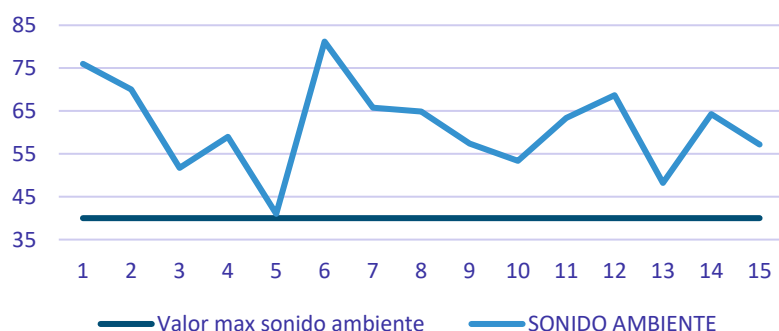
Gráfica humedad quirófano 2



Las 15 mediciones realizadas indican que la humedad relativa se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa.

Conclusión: 13.33% de los datos dentro de rango y 86.67% de los datos fuera de rango.

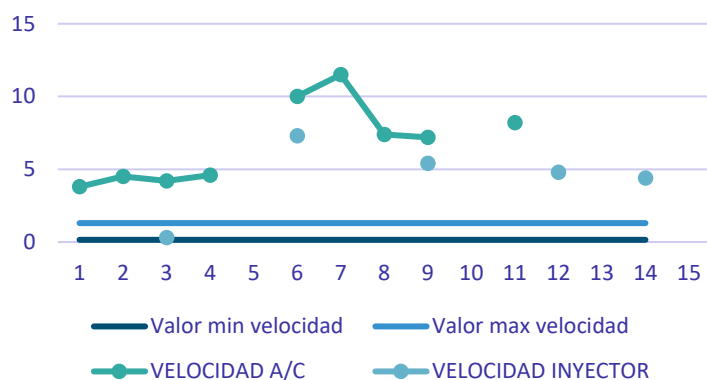
Gráfica sonido ambiente quirófano 2



Las 15 mediciones realizadas indican que la presión sonora se encontró sobre el límite máximo aceptable.

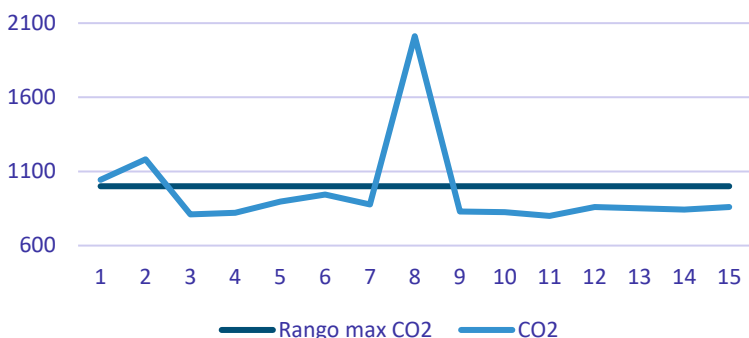
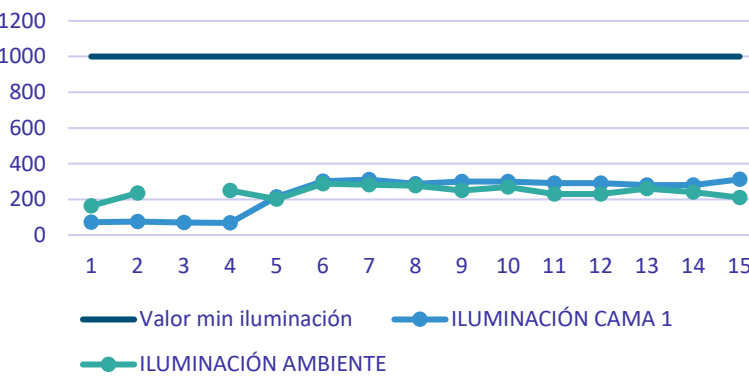
Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.

Gráfica velocidad quirófano 2



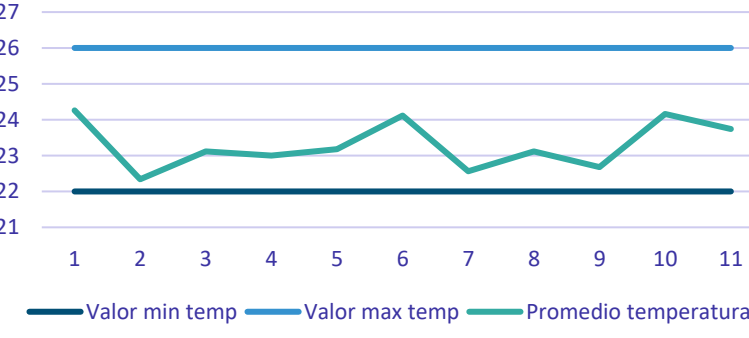
Las 14 mediciones realizadas indican que la velocidad del aire se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa.

Conclusión: 7.14% de los datos dentro de rango y 92.86% de los datos fuera de rango.

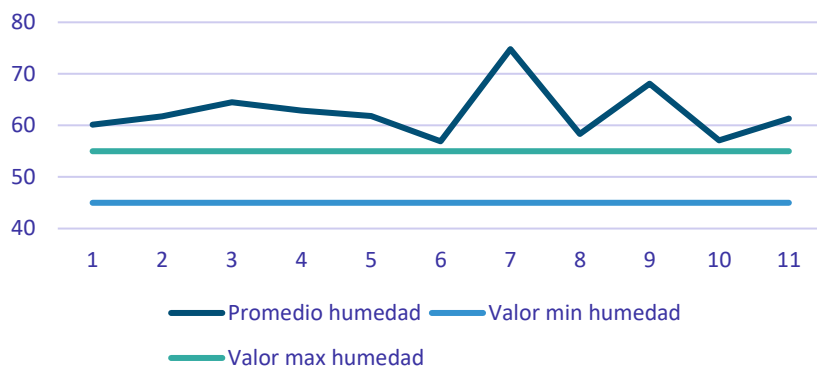
Gráfica CO2 quirófano 2  <table><tr><th>Medición</th><th>CO2</th><th>Rango max CO2</th></tr><tr><td>1</td><td>1050</td><td>1100</td></tr><tr><td>2</td><td>1150</td><td>1100</td></tr><tr><td>3</td><td>850</td><td>1100</td></tr><tr><td>4</td><td>800</td><td>1100</td></tr><tr><td>5</td><td>850</td><td>1100</td></tr><tr><td>6</td><td>900</td><td>1100</td></tr><tr><td>7</td><td>850</td><td>1100</td></tr><tr><td>8</td><td>2050</td><td>1100</td></tr><tr><td>9</td><td>850</td><td>1100</td></tr><tr><td>10</td><td>800</td><td>1100</td></tr><tr><td>11</td><td>750</td><td>1100</td></tr><tr><td>12</td><td>850</td><td>1100</td></tr><tr><td>13</td><td>850</td><td>1100</td></tr><tr><td>14</td><td>850</td><td>1100</td></tr><tr><td>15</td><td>850</td><td>1100</td></tr></table>	Medición	CO2	Rango max CO2	1	1050	1100	2	1150	1100	3	850	1100	4	800	1100	5	850	1100	6	900	1100	7	850	1100	8	2050	1100	9	850	1100	10	800	1100	11	750	1100	12	850	1100	13	850	1100	14	850	1100	15	850	1100	Las 15 mediciones realizadas indican que la concentración de dióxido de carbono se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 80% de los datos dentro de rango y 20% de los datos fuera de rango.																
Medición	CO2	Rango max CO2																																																															
1	1050	1100																																																															
2	1150	1100																																																															
3	850	1100																																																															
4	800	1100																																																															
5	850	1100																																																															
6	900	1100																																																															
7	850	1100																																																															
8	2050	1100																																																															
9	850	1100																																																															
10	800	1100																																																															
11	750	1100																																																															
12	850	1100																																																															
13	850	1100																																																															
14	850	1100																																																															
15	850	1100																																																															
Gráfica iluminación quirófano 2  <table><tr><th>Medición</th><th>ILUMINACIÓN CAMA 1</th><th>ILUMINACIÓN AMBIENTE</th><th>Valor min iluminación</th></tr><tr><td>1</td><td>50</td><td>150</td><td>1000</td></tr><tr><td>2</td><td>50</td><td>250</td><td>1000</td></tr><tr><td>3</td><td>50</td><td>50</td><td>1000</td></tr><tr><td>4</td><td>50</td><td>250</td><td>1000</td></tr><tr><td>5</td><td>200</td><td>200</td><td>1000</td></tr><tr><td>6</td><td>300</td><td>300</td><td>1000</td></tr><tr><td>7</td><td>300</td><td>300</td><td>1000</td></tr><tr><td>8</td><td>250</td><td>250</td><td>1000</td></tr><tr><td>9</td><td>300</td><td>250</td><td>1000</td></tr><tr><td>10</td><td>300</td><td>250</td><td>1000</td></tr><tr><td>11</td><td>250</td><td>250</td><td>1000</td></tr><tr><td>12</td><td>250</td><td>250</td><td>1000</td></tr><tr><td>13</td><td>250</td><td>250</td><td>1000</td></tr><tr><td>14</td><td>250</td><td>250</td><td>1000</td></tr><tr><td>15</td><td>300</td><td>200</td><td>1000</td></tr></table>	Medición	ILUMINACIÓN CAMA 1	ILUMINACIÓN AMBIENTE	Valor min iluminación	1	50	150	1000	2	50	250	1000	3	50	50	1000	4	50	250	1000	5	200	200	1000	6	300	300	1000	7	300	300	1000	8	250	250	1000	9	300	250	1000	10	300	250	1000	11	250	250	1000	12	250	250	1000	13	250	250	1000	14	250	250	1000	15	300	200	1000	Las 29 mediciones realizadas indican que la iluminación ambiental se encontró se encontró bajo el límite mínimo aceptable. Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.
Medición	ILUMINACIÓN CAMA 1	ILUMINACIÓN AMBIENTE	Valor min iluminación																																																														
1	50	150	1000																																																														
2	50	250	1000																																																														
3	50	50	1000																																																														
4	50	250	1000																																																														
5	200	200	1000																																																														
6	300	300	1000																																																														
7	300	300	1000																																																														
8	250	250	1000																																																														
9	300	250	1000																																																														
10	300	250	1000																																																														
11	250	250	1000																																																														
12	250	250	1000																																																														
13	250	250	1000																																																														
14	250	250	1000																																																														
15	300	200	1000																																																														

Quirófano 3

Tabla 14. Análisis de parámetros en Quirófano #3 del Hospital “Saldaña”.

Gráfica	Análisis																																																
Gráfica temperatura quirófano 3  <table><tr><th>Medición</th><th>Valor min temp</th><th>Valor max temp</th><th>Promedio temperatura</th></tr><tr><td>1</td><td>22</td><td>26</td><td>24.5</td></tr><tr><td>2</td><td>22</td><td>26</td><td>22.5</td></tr><tr><td>3</td><td>22</td><td>26</td><td>23.5</td></tr><tr><td>4</td><td>22</td><td>26</td><td>23.5</td></tr><tr><td>5</td><td>22</td><td>26</td><td>23.5</td></tr><tr><td>6</td><td>22</td><td>26</td><td>24.5</td></tr><tr><td>7</td><td>22</td><td>26</td><td>22.5</td></tr><tr><td>8</td><td>22</td><td>26</td><td>23.5</td></tr><tr><td>9</td><td>22</td><td>26</td><td>23.5</td></tr><tr><td>10</td><td>22</td><td>26</td><td>24.5</td></tr><tr><td>11</td><td>22</td><td>26</td><td>24.5</td></tr></table>	Medición	Valor min temp	Valor max temp	Promedio temperatura	1	22	26	24.5	2	22	26	22.5	3	22	26	23.5	4	22	26	23.5	5	22	26	23.5	6	22	26	24.5	7	22	26	22.5	8	22	26	23.5	9	22	26	23.5	10	22	26	24.5	11	22	26	24.5	Las 11 mediciones realizadas indican que las temperaturas se encontraron dentro del rango esperado, según la normativa. Conclusión: 100% de los datos dentro de rango.
Medición	Valor min temp	Valor max temp	Promedio temperatura																																														
1	22	26	24.5																																														
2	22	26	22.5																																														
3	22	26	23.5																																														
4	22	26	23.5																																														
5	22	26	23.5																																														
6	22	26	24.5																																														
7	22	26	22.5																																														
8	22	26	23.5																																														
9	22	26	23.5																																														
10	22	26	24.5																																														
11	22	26	24.5																																														

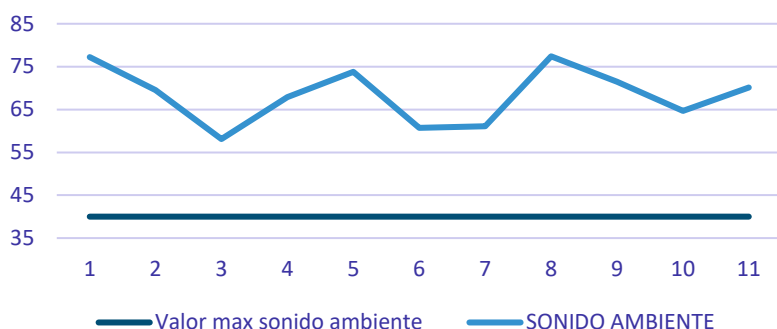
Gráfica humedad quirófano 3



Las 11 mediciones realizadas indican que la humedad relativa se encontró fuera del rango esperado, según la normativa.

Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.

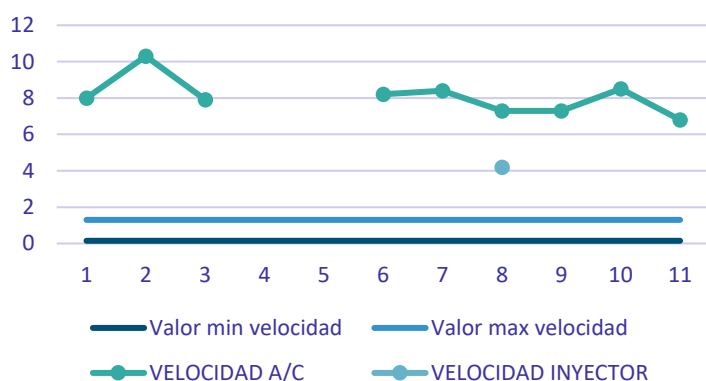
Gráfica sonido ambiente quirófano 3



Las 11 mediciones realizadas indican que la presión sonora se encontró sobre el límite máximo aceptable.

Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.

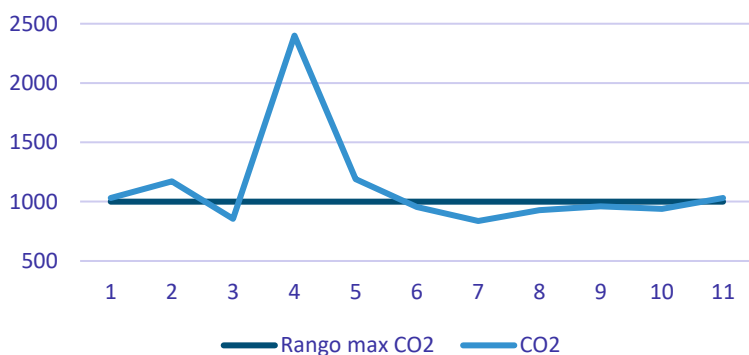
Gráfica velocidad quirófano 3



Las diez mediciones realizadas indican que la velocidad del aire se encontró fuera del rango esperado, según la normativa.

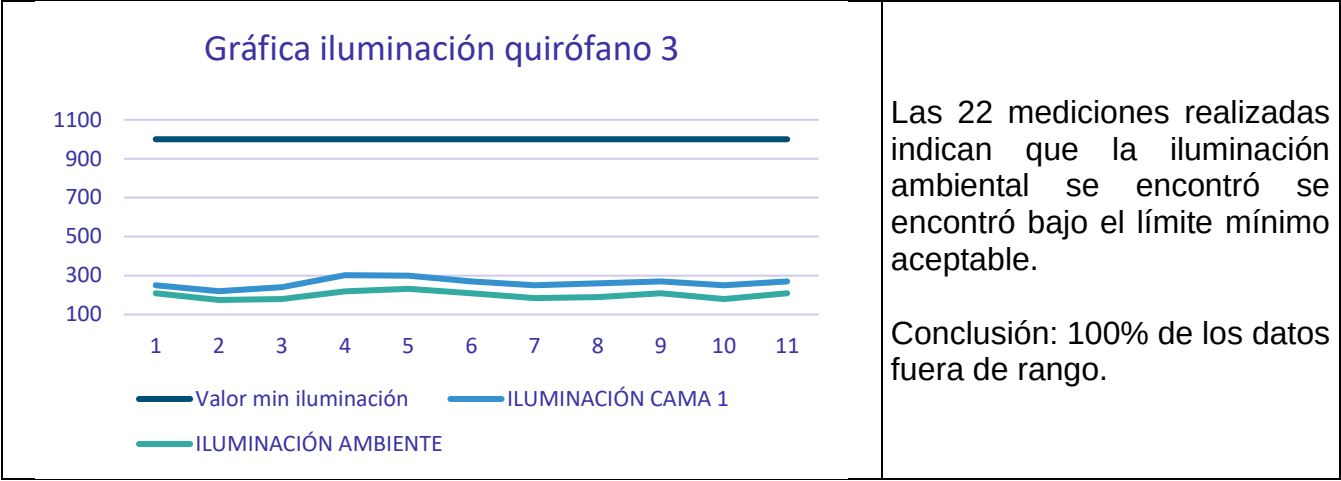
Conclusión: 100% de los datos fuera de rango.

Gráfica CO2 quirófano 3



Las 11 mediciones realizadas indican que la concentración de dióxido de carbono se encontró dentro y fuera del rango esperado, según la normativa.

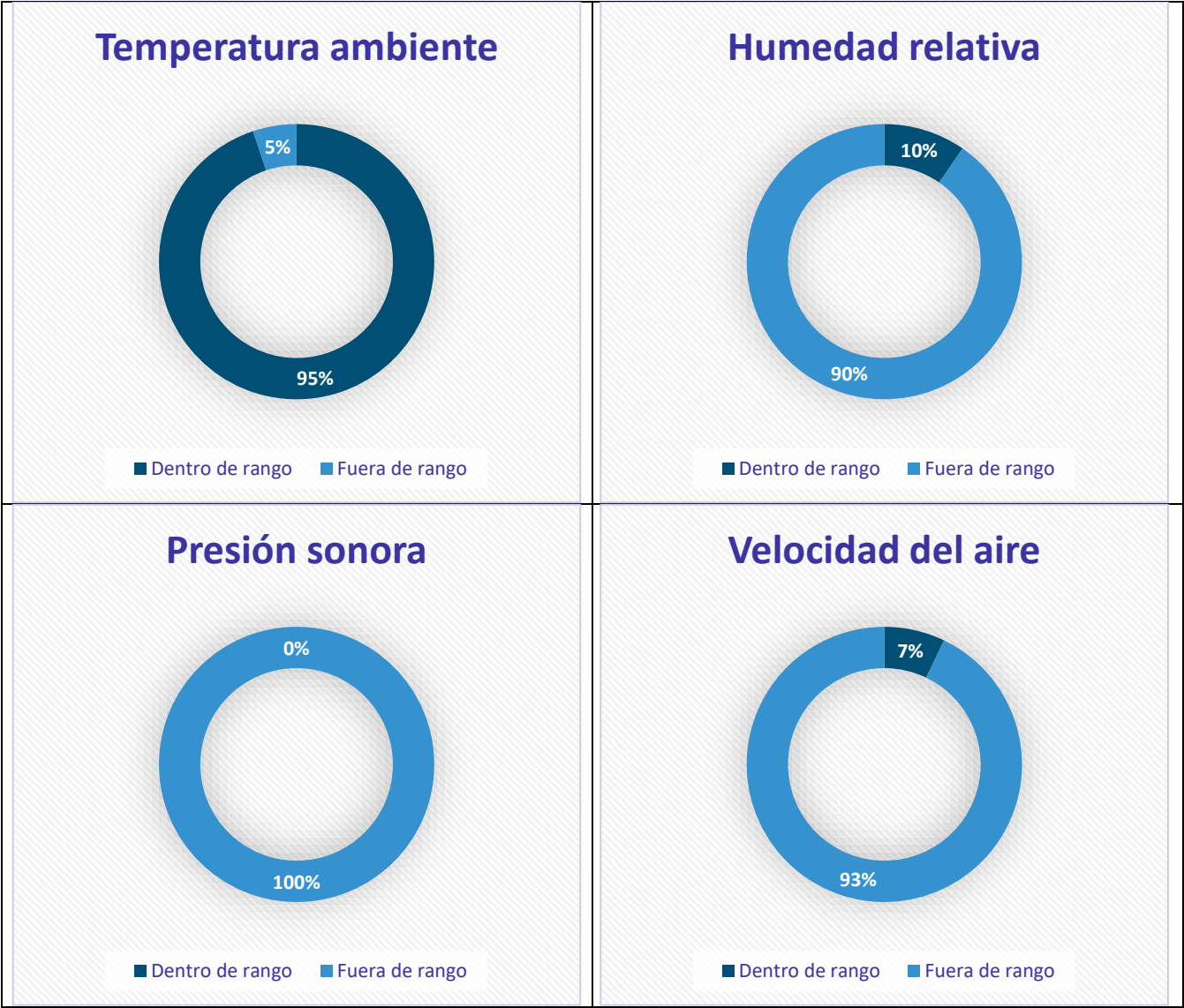
Conclusión: 54.55% de los datos dentro de rango y 45.45% de los datos fuera de rango.



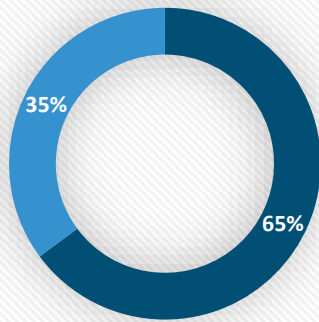
Análisis General Hospital Nacional General de Neumología y Medicina Familiar Saldaña "Dr. José Antonio Saldaña"

El resumen de los resultados generales obtenidos del Hospital “Rosales” se presenta en la **Tabla 15**.

Tabla 15. Resumen general Hospital Nacional General de Neumología y Medicina Familiar Saldaña "Dr. José Antonio Saldaña".

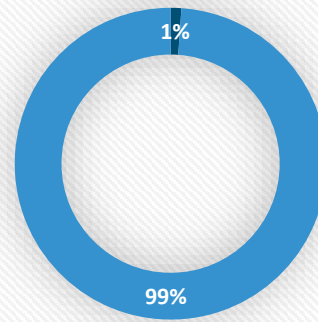


Dióxido de carbono



■ Dentro de rango ■ Fuera de rango

Iluminación ambiental



■ Dentro de rango ■ Fuera de rango

Conclusiones

La toma de parámetros ambientales en salas de operaciones de los dos hospitales nacionales bajo estudio, permitió conocer el estado actual de la infraestructura y su funcionamiento para brindar servicios de salud, sobre todo en el contexto de la pandemia por COVID-19 que puso de manifiesto la necesidad de controlar las áreas con alta concentración de personas y áreas críticas con pacientes vulnerables, de modo que no se generen transmisiones masivas del virus.

El Hospital Nacional Especializado "Rosales" mostró una mayor cantidad de parámetros ambientales fuera del rango establecido como aceptable por las diversas normas y estándares estudiados, esto implica que existe una mayor necesidad de controlar las razones por las cuales se presentan estas variaciones. Además, considerando que este hospital atiende a una gran cantidad de pacientes es imperativo tomar acción para que estas condiciones no deriven en la propagación de infecciones nosocomiales.

Así mismo, el Hospital Nacional General de Neumología y Medicina Familiar Saldaña "Dr. José Antonio Saldaña" mostró una mayor cantidad de parámetros ambientales fuera del rango establecido como aceptable por las diversas normas y estándares estudiados. Algo importante a destacar en este caso es que el hospital estuvo en remodelación de su infraestructura, en este sentido algunos datos fueron tomados previo a la remodelación y otros de manera posterior, lo cual pudo inducir variaciones significativas en los datos adquiridos. Otro aspecto relevante reside en el hecho que estos quirófanos se utilizaban tanto para pacientes con COVID-19 como para pacientes sin esta enfermedad, por lo cual el control de parámetros ambientales se vuelve más crítico para no afectar al personal de salud expuesto.

Finalmente, se valida la relevancia de aplicar criterios nacionales e internacionales para gestionar el ambiente dentro de áreas críticas como los quirófanos, de modo que se pueda garantizar las condiciones seguras para llevar a cabo los procedimientos operatorios, tanto para el personal clínico como los pacientes e incluso para el funcionamiento óptimo de los equipos biomédicos.

Referencias

- [1] F. Salmoral Almagro, «Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria - AEIH,» [En línea]. Available: <https://aeih.org/wp-content/uploads/2019/04/2017-16-Validacion-de-la-calidad-ambiental-en-quirofanos.-Parametros-metodologia-y-criterios-de-valoracion.pdf>. [Último acceso: 25 octubre 2020].
- [2] C. Adelantado, R. Calvo, L. Arosemena y M. Ángeles Calvo Torras, «Real Academia de Doctores de España,» 2004. [En línea]. Available: radoctores.es/doc/1V8N2-calvo%20torras-calidadambientalquirofano.pdf. [Último acceso: 2020].
- [3] V. A. C. J. C. T. a. S. T. M. Cunha, «Indoor Ventilation in Hospital Operating Rooms,» *IEEE Xplore*, pp. 126-130, 2014.
- [4] I. N. F. B. A. D. a. C. C. L. Tacutu, «Interaction between a local and a general ventilation system for an operating room with patient,» *IEEE Xplore*, pp. 348-353, 2019.
- [5] I. M. P. R. N. P. C. N. a. O. R. C. L. Humberto, «Infecciones Intrahospitalarias: Agentes, Manejo Actual y Prevención,» *Revista Científica Ciencia Médica*, vol. 13, nº 2, p. 90–94, 2010.
- [6] C. R. H. M. J. a. L. I. Aibar Remón, «Infección nosocomial en pacientes quirúrgicos. Problemas de medición y de comparación de resultados,» *Revista Española de Salud Pública*, vol. 71, nº 3, p. 257–268, 1997.
- [7] J. Bonilla Barrios, «Propuesta de selección e instalación de un sistema de aire acondicionado para los quirófanos del Hospital Policlínico Roma del Instituto Salvadoreño del Seguro Social,» San Salvador, 2015.
- [8] F. M. Umaña Galán, «Manual de ingeniería para el diseño y equipamiento de salas de operaciones,» San Salvador, 2007.
- [9] M. Rossel Farrás, «Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.insst.es/documents/94886/328681/859w.pdf/274f1a5d-9bbe-429d-a6c4-097dc30e2c2d>. [Último acceso: 2020].
- [10] AENOR, «UNE 100713: Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales,» AENOR, Madrid, 2005.
- [11] AENOR, «UNE-EN ISO 14644-1:2015. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire mediante la concentración de partículas,» AENOR, Madrid, 2015.
- [12] AENOR, «UNE-EN ISO 14644-2:2015. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 2: Seguimiento para proporcionar evidencias del desempeño en relación con la limpieza del aire mediante la concentración de partículas,» AENOR, Madrid, 2015.
- [13] ASHRAE, Manual de Diseño de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado para Hospitales y Clínicas, Segunda ed., 2013, pp. 164-174.
- [14] ANSI/ASHRAE, «Standard 62.1-2016. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality,» 2016.
- [15] A. Persily, «National Institute of Standards and Technology,» noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.nist.gov/publications/quit-blaming-ashrae-standard-621-1000-ppm-co2>. [Último acceso: 2021].
- [16] O. W. L. P. B. J. N. P. Hemphälä H, «Towards better lighting recommendations for open surgery,» *Lighting Research & Technology*, pp. 856-882, 2020.
- [17] MARN, «MARN,» [En línea]. Available: <http://srt.marn.gob.sv/serviciosclimaticos/index.html>.

- [18] CEUPE, «CEUPE Magazine,» [En línea]. Available: <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-presion-sonora.html>. [Último acceso: 2021].
- [19] Fluke Corporation, «Fluke,» mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/es-sv/informacion/blog/sistemas-de-calefaccion-ventilacion-y-aire-acondicionado/medicion-de-la-velocidad-del-aire-con-el-dispositivo-fluke-975-airmeter-usando-la-sonda-de-velocidad>.
- [20] Grupo Oasis, [En línea]. Available: <https://gpooasis.com/velocidad-del-aire/>.
- [21] A. Nieto, «Mundo HVAC&R,» [En línea]. Available: <https://www.mundohvacr.com.mx/2012/07/conceptos-y-cambios-de-aire-por-hora-para-la-ventilacion/>.
- [22] A. Eykelbosh, «National Collaborating Centre for Environmental Health,» mayo 2021. [En línea]. Available: <https://ncceh.ca/sites/default/files/FINAL%20-%20Using%20Indoor%20CO2%20Sensors%20for%20COVID%20MAY%2017%202021.pdf>. [Último acceso: noviembre 2021].
- [23] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de Iluminación (CEI), «Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía,» 2001. [En línea]. Available: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_hospitales_01_81a4cdee.pdf. [Último acceso: 2021].
- [24] REED, «REED Instruments,» [En línea]. Available: <https://www.reedinstruments.com/product/reed-lm-8000-multi-function-windmeter>. [Último acceso: 30 noviembre 2021].
- [25] Extech, «Extech Instruments,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.extech.com/products/CO250>.
- [26] Extech, «Extech Instruments,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.extech.com/products/EN300>. [Último acceso: 30 noviembre 2021].