



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO SOBRE LA INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LA
ASEPSIA DEL HOSPITAL EL PROGRESO**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO BIOMÉDICO

PRESENTADO POR:

JULIO CESAR CUELLAR AQUINO 21811060

OSCAR FABRICIO PEÑA BANEGAS 21841208

ASESOR: ING. MANUEL GAMERO

CAMPUS SAN PEDRO SULA; ENERO 2023

Dedicamos en primer lugar nuestro proyecto de investigación a nosotros mismos como estudiantes, demostrando todo el esfuerzo y compromiso que hemos puesto por nuestra parte para poder culminar el trabajo de manera exitosa.

Así mismo, dedicamos el presente trabajo de investigación a nuestros padres, quienes en todo momento han sido un continuo apoyo durante el transcurso de nuestra carrera universitaria.

Por último, queremos dedicar nuestra investigación a todos los docentes de la carrera de ingeniería biomédica, quienes han puesto de su parte para compartir sus conocimientos con nosotros y formarnos como profesionales destacados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar al Hospital El Progreso por permitirnos desarrollar nuestra investigación en sus instalaciones.

De igual forma, queremos agradecer al Dr. Orlando Hall por facilitarnos el acceso a todas las áreas del hospital y a la Dra. Elena Avelar por proporcionarnos todos los materiales de laboratorio necesarios para realizar la toma de muestras.

Finalmente, queremos agradecer al Ing. Manuel Gamero quien nos ha guiado a lo largo del presente periodo académico (Q4-2022) para poder culminar nuestro proyecto de la mejor manera posible.

RESUMEN EJECUTIVO

La prevalencia de las infecciones nosocomiales registrada en las estadísticas de los ingresos de hospitalización de varias entidades sanitarias públicas de Honduras es una situación alarmante para el sector salud, ya que, cierto porcentaje de los pacientes hospitalizados corren el riesgo de contraer una infección nosocomial. Una prevalencia elevada se produce por el incumplimiento de protocolos de limpieza y desinfección, condiciones de infraestructura, estándares de ventilación y climatización en instalaciones médicas. La metodología de investigación fue de carácter mixto, ya que, se recopilaron datos cuantitativos y cualitativos en diez salas seleccionadas del Hospital El Progreso con el fin de abarcar el 50% de los servicios clínicos que proporciona la institución. Se realizó medición instrumental, análisis de cultivos bacteriológicos y análisis de satisfacción del personal de las áreas seleccionadas. Los resultados obtenidos en la investigación reflejaron tecnologías de climatización poco eficientes, presencia de agentes patógenos en las superficies inertes de las salas y el incumplimiento de normativas de climatización.

Palabras clave – Agente patógeno, climatización, infección nosocomial.

ABSTRACT

The prevalence of nosocomial infections registered in statistics of hospital admissions in various public health institutions in Honduras is an alarming situation for the health sector, since a certain percentage of hospitalized patients are at risk of contracting a nosocomial infection. A high prevalence is produced by non-compliance with cleaning and disinfection protocols, infrastructure conditions, ventilation and air conditioning standards in medical facilities. The research methodology was of a mixed nature, since quantitative and qualitative data were collected in ten selected wards of the Hospital El Progreso in order to cover 50% of the clinical services provided by the hospital. Instrumental measurement, analysis of bacteriological cultures and analysis of staff satisfaction in the selected areas were carried out. The results obtained in the investigation showed inefficient air conditioning technologies, the presence of pathogens on the inert surfaces of the rooms, and non-compliance with air conditioning regulations.

Key words – Air conditioning standards, nosocomial infection, pathogen.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	14
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA	15
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	16
2.3 JUSTIFICACIÓN	17
2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	18
2.4.1 GENERAL	18
2.4.2 ESPECÍFICAS	18
2.5 OBJETIVOS	18
2.5.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
III. MARCO TEÓRICO	19
3.1 MICROORGANISMOS INFECCIOSOS	19
3.1.1 AGENTES INFECCIOSOS.....	19
3.1.2 AGENTES PATÓGENOS.....	19
3.2 INFECCIONES ASOCIADAS A LA ATENCIÓN EN SALUD	21
3.2.1 IAAS	21
3.2.2 FACTORES DE RIESGO DE LAS IAAS	22
3.3 DESARROLLO DE LAS INFECCIONES	24
3.3.1 FUENTES DE INFECCIÓN	25
3.3.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN	26
3.3.3 HOSPEDADOR	28
3.3.4 PROCESO DE TRANSMISIÓN DE INFECCIONES	29
3.4 AGENTES PATÓGENOS HOSPITALARIOS	31
3.4.1 STAPHYLOCOCCUS COAGULOSA NEGATIVA.....	31
3.4.2 CITROBACTER FREUNDII	32
3.4.3 BACILUS SPP.....	32
3.4.4 ENTEROBACTER HAFFNIA	33

3.5 CRECIMIENTO BACTERIOLÓGICO	34
3.5.1 CONDICIONES PARA EL CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS	34
3.5.2 MUESTREO BACTERIOLÓGICO	37
3.5.3 CULTIVOS BACTERIOLÓGICOS.....	39
3.6 PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	41
3.6.1 TIPOS DE LIMPIEZA	41
3.6.2 SUPERFICIES INERTES.....	42
3.6.3 USO DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DEL SECTOR.....	42
3.7 SENSOR DHT22	43
3.8 NORMATIVA ASHRAE 170-13,17,21	46
3.8.1 LINEAMIENTOS DE CLIMATIZACIÓN	46
IV. METODOLOGÍA	49
4.1. ENFOQUE	49
4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	50
4.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE	50
4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES	50
4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	51
4.3.1 MEDICIÓN INSTRUMENTAL	51
4.3.2 ESTUDIO DE CULTIVOS BACTERIOLÓGICOS	51
4.3.3 ANÁLISIS DE LA SATISFACCIÓN DEL PERSONAL	51
4.3.4 PLATAFORMA ARDUINO IDE	52
4.3.5 PROGRAMA DE EXPORTACIÓN DE DATOS "TERA TERM"	52
4.3.6 SOFTWARE MINITAB	52
4.3.7 PLATAFORMA PARA FORMULARIOS "GOOGLE FORMS"	52
4.3.8 ENTREVISTAS.....	53
4.4 MATERIALES	53
4.4.1 ARDUINO MEGA 2560.....	53
4.4.2 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT22.....	54
4.4.3 PLACA DE PRUEBAS.....	54
4.4.4 CULTURETES.....	55

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA	56
4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO	58
4.6.1 REGISTRO DE TECNOLOGÍAS DE CLIMATIZACIÓN	58
4.6.2 TOMA DE MUESTRAS BACTERIOLÓGICAS	58
4.6.3 MEDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA	59
4.6.4 REALIZACIÓN DE ENCUESTAS AL PERSONAL	60
4.6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS	63
4.6.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS	64
4.6.7 VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS MEDIDAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SEGÚN NORMATIVA ASHRAE 170-13	64
4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	64
4.8 MATRIZ METODOLÓGICA	66
4.9 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	68
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS	70
5.1 TECNOLOGÍAS DE CLIMATIZACIÓN UTILIZADAS	70
5.2 MEDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA	73
5.3 ANÁLISIS DE CULTIVOS BACTERIOLÓGICOS	81
5.3.1 ANÁLISIS DE LA PRIMERA RONDA DE MUESTRAS	81
5.3.2 ANÁLISIS DE LA SEGUNDA RONDA DE MUESTRAS	84
5.3.3 ANÁLISIS DEL MUESTREO TOTAL	87
5.4 VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA ASHRAE 170-13	90
5.4.1 HALLAZGOS	91
5.5 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS	93
VI. CONCLUSIONES	101
VII. RECOMENDACIONES	102
VIII. APLICABILIDAD/IMPLEMENTACIÓN	103
IX. EVOLUCIÓN DEL TRABAJO ACTUAL/TRABAJO FUTURO	104
X. CONCORDANCIA CON LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA INVESTIGACIÓN	105
XI. BIBLIOGRAFÍA	109
XII. ANEXOS	114

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Relación conceptual entre el desarrollo de infecciones con respecto a los factores, métodos de transmisión y reservorios	24
Ilustración 2. Proceso de transmisión de un microorganismo	29
Ilustración 3. Transmisión de microorganismos a otro huésped.....	30
Ilustración 4. Escobillones para muestreo bacteriológico	39
Ilustración 5. Refrigerador de laboratorio	40
Ilustración 6. Autoclave de laboratorio	41
Ilustración 7. Pines del sensor DHT22	45
Ilustración 8. Clasificación de variables	50
Ilustración 9. Arduino Mega 2560.....	53
Ilustración 10. Sensor DHT22.....	54
Ilustración 11. Placa de pruebas.....	54
Ilustración 12. Medio de cultivo.....	55
Ilustración 13. Recolección de muestras: Camilla	58
Ilustración 14. Recolección de muestras: Pared.....	58
Ilustración 15. Recolección de muestras: Puerta.....	59
Ilustración 16. Código de programación del sensor DHT22 en Arduino	59
Ilustración 17. Conexión del sensor DHT22 con Arduino.....	60
Ilustración 18. Extracción de los datos de las mediciones de climatización.....	60
Ilustración 19. Proceso para la toma de muestras y posterior análisis	63
Ilustración 20. Cronograma de actividades	65
Ilustración 21. Minisplit de 60,000 BTU en Quirófano de Cirugía Laparoscópica.....	70
Ilustración 22. Minisplit de 60,000 BTU en Labor y Parto.....	71
Ilustración 23. Minisplit de 12,000 BTU en consultorio de Consulta Externa	71
Ilustración 24. Ventilación natural en Hospitalización de Cirugía.....	71
Ilustración 25. Aires acondicionados de rejilla de ventana en Hospitalización de Cirugía	72
Ilustración 26. Histograma de variables climatológicas: Labor y parto.....	73
Ilustración 27. Histograma de variables climatológicas: Emergencia Medicina Interna	74
Ilustración 28. Histograma de variables climatológicas: Emergencia Cirugía/Ortopedia	75
Ilustración 29. Histograma de variables climatológicas: Emergencia pediátrica	76
Ilustración 30. Histograma de variables climatológicas: Consulta Externa 1.....	77
Ilustración 31. Histograma de variables climatológicas: Consulta Externa 2.....	78
Ilustración 32. Histograma de variables climatológicas: Hospitalización Cirugía	78
Ilustración 33. Histograma de variables climatológicas: Quirófano 1	79
Ilustración 34. Histograma de variables climatológicas: Quirófano 2.....	80

Ilustración 35. Histograma de variables climatológicas: Quirófano 3	81
Ilustración 36. Análisis del crecimiento de cultivos bacteriológicos en las superficies (9:00AM – 12:00PM)	84
Ilustración 37. Análisis del crecimiento de cultivos bacteriológicos en las superficies (1:00PM – 3:00PM)	87
Ilustración 38. Análisis del crecimiento de cultivos bacteriológicos en las superficies (Total de muestras)	88
Ilustración 39. Niveles de presencia de agentes patógenos	89
Ilustración 40. Prevalencia de agentes patógenos en superficies inertes	90
Ilustración 41. Crecimiento de hongos en pared de Hospitalización de Cirugía.....	92
Ilustración 42. Crecimiento de hongos en pared de Emergencia Pediatría	92
Ilustración 43. Crecimiento de hongos en pared de Emergencia Ortopédica.....	92
Ilustración 44. Cantidad de personal por área seleccionada	93
Ilustración 45. Calificación del nivel de limpieza del hospital.....	94
Ilustración 46. Conocimiento de la normativa ASHRAE	94
Ilustración 47. Casos de infecciones cruzadas dentro del hospital.....	95
Ilustración 48. Protocolos de limpieza y desinfección según área de trabajo.....	96
Ilustración 49. Satisfacción del personal con respecto a la climatización	97
Ilustración 50. Utilización de desinfectantes de grado médico	98
Ilustración 51. Horarios de las rutinas de limpieza y desinfección	98
Ilustración 52. Acciones que se harían si se presenta algún agente patógeno.....	99
Ilustración 53. Servicios de limpieza en el hospital.....	99
Ilustración 54. Rangos de climatización preferidos por el personal	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de agentes patógenos en función del riesgo de infección	20
Tabla 2. Condiciones para el crecimiento de microorganismos	37
Tabla 3. Clasificación de los sectores de un ambiente hospitalario.....	43
Tabla 4. Especificaciones de los sensores DHT11 y DHT22	45
Tabla 5. Estándares de temperatura y humedad en espacios clínicos.....	48
Tabla 6. Metodología de la investigación.....	49
Tabla 7. Tamaños de muestra en estudios cualitativos.....	57
Tabla 8. Formato de la encuesta	61
Tabla 9. Matriz metodológica	66
Tabla 10. Operacionalización de las variables	68
Tabla 11. Registro de tecnologías de climatización utilizadas en cada sala.....	72

Tabla 12. Análisis del crecimiento de agentes patógenos en las superficies (9:00am – 12:00pm).....	82
Tabla 13. Análisis del crecimiento de agentes patógenos en las superficies (1:00pm – 3:00pm)	85
Tabla 14. Verificación del cumplimiento de las condiciones climatológicas en las diez salas seleccionadas según ASHRAE.....	91
Tabla 15. Concordancia con los segmentos del trabajo de investigación	105

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Logo de Arduino.....	114
Anexo 2. Logo de Tera Term.....	114
Anexo 3. Logo de Minitab	114
Anexo 4. Logo de Google Forms.....	114

I. INTRODUCCIÓN

A continuación, se estará abordando una breve introducción de la temática a evaluar y la situación actual del sector en el país. De igual forma, se especificarán los motivos por los cuales se llevará a cabo la investigación y las actividades que serán desarrollados durante el transcurso de la misma.

En el sistema de salud hondureño existen muchas carencias en el apartado de la prevención de enfermedades, infecciones y la implementación de mecanismos sanitarios enfocados a mantener un ambiente bacteriológicamente apto para evitar el crecimiento y esparcimiento de agentes infecciosos. Uno de los grandes problemas dentro de un hospital son las infecciones nosocomiales (IN) que son causadas por agentes patógenos en el ambiente.

El concepto de infecciones asociadas a la atención de salud (IAAS) se refiere a las infecciones que no se presentan ni son detectadas en el momento de la admisión o se detectan durante la estadía o alta del paciente. Estas infecciones están relacionadas al crecimiento de agentes patógenos en las superficies, personal médico y en el aire de la sala de atención clínica. Su presencia en el ambiente hospitalario depende de muchos factores, entre los principales se encuentran la humedad relativa y la temperatura. Estos permiten identificar el crecimiento de microorganismos en el aire dentro del hospital.

El estudio se realizará en el Hospital El Progreso, en los departamentos de Emergencia (Pediátrica, Medicina Interna y Ortopedia/Cirugía), Quirófanos de Cirugía General, Hospitalización de Cirugía, Consulta Externa y Labor y Parto. En estas salas se buscó medir la tasa de agentes patógenos en las superficies mediante la toma de muestras superficiales para identificar el crecimiento de cultivos bacteriológicos.

Por otra parte, el estudio se centró en la medición de las variables de humedad relativa y temperatura dentro de las salas de estos departamentos mediante la utilización de un sensor DHT22. De esta manera, se verificó que cada sala cumpliera con los rangos de estas variables climatológicas establecidos por la normativa ASHRAE 170-13. De igual forma, se registraron las tecnologías de climatización y los protocolos de limpieza y desinfección que se emplean para acondicionar y mantener la asepsia de los espacios sanitarios.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se estará abordando la problemática del trabajo de investigación, como es que este afecta indirectamente a la salud del paciente, a la infraestructura de la sala y al equipo médico ubicado en cada área. De igual forma, se estarán abordando los puntos clave para llevar a cabo el proyecto de investigación.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Según Núñez, A. (2019): "En el caso de Honduras, se ha evidenciado en el Instituto Hondureño de Seguridad Social (IHSS) una tasa de incidencia de 5.2 infecciones nosocomiales por mil días de hospitalización y una prevalencia de 1.8% por cien ingresos" (p.13).

De igual manera Núñez, A. (2019) afirma: "En el Hospital Escuela de Honduras la prevalencia de infección intrahospitalaria en servicios sujetos a vigilancia puntual fue del 10%" (p.13).

Por otra parte, Núñez, A. (2019) confirma: "Según estadísticas realizadas por el departamento de epidemiología del Hospital Mario Catarino Rivas, en el año 2015 la prevalencia de infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS) fue del 10%" (p.13).

Tomando como referencia lo anterior, las IAAS contribuyen alrededor de un 2.7% de la mortalidad y causan el 0.9% de las defunciones que se producen en un hospital (Gironés, 2004).

Según las estadísticas recopiladas en el IHSS, en el Hospital Escuela de Honduras y en el Hospital Nacional Mario Catarino Rivas, la prevalencia de las infecciones nosocomiales por días o ingresos de hospitalización es una situación alarmante para el sector salud, ya que presentan resultados elevados y poco tolerables con respecto a la incidencia de infecciones. Esto quiere decir que un porcentaje de los pacientes hospitalizados y admitidos corren el riesgo de contraer una infección nosocomial.

Una prevalencia elevada está sujeta a diferentes factores como lo son los protocolos de limpieza y desinfección, condiciones de la infraestructura, higiene del personal, estándares de ventilación y climatización de las instalaciones médicas, entre otros. De igual manera, el que no exista un mecanismo de prevención de agentes infecciosos y monitorización de la

climatización hospitalaria es un problema serio que afecta a la rehabilitación y salud de los pacientes en el sistema de salud hondureño.

Dentro de un hospital, el hecho de que la prevalencia de infecciones aumente es un indicador de problemas sanitarios. Las estadísticas demuestran la preocupante situación del sector público, el cual presenta la mayor demanda de pacientes que acuden para recibir atención médica.

La humedad relativa es un factor determinante en el crecimiento de los microorganismos. Así mismo, la temperatura también es un factor que determina el crecimiento de microorganismos en el ambiente. Ambas variables deben mantenerse en los rangos definidos por normativas internacionales que se establecen para generar un ambiente lo suficientemente estéril para la realización de actividades de atención clínica (Orjuela. A., Pallares. A. 2006).

Actualmente, en el sector salud los programas epidemiológicos no están enfocados en la prevención de infecciones, monitorización de los niveles de humedad relativa y temperatura dentro de las salas de atención clínica de un hospital y detectar la presencia de agentes patógenos en el ambiente hospitalario. Una deficiencia del sector salud en Honduras es su dificultad para actualizarse según las normativas, lineamientos internacionales, tecnologías y tratamientos emergentes.

Cumplir con las normativas de ventilación de instalaciones de atención médica establecidas por la ASHRAE es necesario para prevenir infecciones y aumentar los niveles de esterilidad y asepsia en el ambiente hospitalario.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Como se mencionó anteriormente, dos factores clave para el crecimiento de agentes infecciosos son la humedad relativa y la temperatura. En el sector de salud pública en Honduras, no se monitorizan estos factores climatológicos por lo que, se puede llegar a dar el crecimiento de microorganismos en el ambiente hospitalario. Estos agentes pueden provocar infecciones de distintos tipos en los pacientes deteriorando su salud y rehabilitación. En el caso de pacientes con un estado de salud grave pueden provocar la muerte. Existen distintas maneras de monitorizar y regular estos parámetros ambientales, sin embargo, en Honduras

no se aplica ningún mecanismo que permita controlar dichos parámetros climatológicos que en ciertos niveles favorecen el crecimiento de agentes patógenos en el ambiente hospitalario.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Según Bermúdez-Madriz & Muiser (2011): "Se calcula que 60% de la población de Honduras hace uso regular de los servicios que ofrece la Secretaria de Salud. Por otra parte, se estima que el IHSS cubre el 18% de la población total" (p.5).

Tomando como referencia lo anterior, se puede afirmar que más de la mitad de la población hondureña (más de 5 millones de habitantes) acude al sector de salud pública como medio principal para recibir atención médica.

Actualmente en los hospitales del sector público de Honduras no existe un plan de prevención epidemiológico y control de asepsia en aquellas salas donde diariamente transitan numerosas cantidades de pacientes, por lo que, el riesgo de contraer una infección nosocomial es elevado.

Por otra parte, el crecimiento de agentes patógenos en las superficies de las salas, mayormente se da por el incumplimiento de estándares de climatización en la infraestructura hospitalaria. De manera que, una gran acumulación de humedad en conjunto con una elevada temperatura puede generar el crecimiento de microorganismos en camillas, paredes, equipos médicos, entre otros.

Por esta razón, es de suma importancia poder implementar procedimientos para la prevención y disminución del crecimiento de agentes infecciosos dentro de las salas de los hospitales. De modo que, se puedan tener espacios más estériles y de esta forma se asegura la integridad de los pacientes, del personal clínico y de los equipos asignados en determinadas áreas.

La medición de las variables de temperatura y humedad relativa en cada una de las salas del Hospital El Progreso verificará el cumplimiento de la normativa de climatización ASHRAE 170-13.

De igual forma, la toma de muestras de cultivos para determinar el crecimiento de agentes patógenos en las superficies proporcionará un análisis sobre la cantidad de microorganismos presentes en la sala e indicará el riesgo de contraer alguna IN.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

2.4.1 GENERAL

- ¿Existe una relación entre las variables de temperatura y humedad relativa con la presencia de agentes patógenos en las superficies de las salas del Hospital El Progreso?

2.4.2 ESPECÍFICAS

- ¿Cuáles son los niveles de climatización y los protocolos de limpieza y desinfección que se manejan dentro de las salas del Hospital El Progreso?
- ¿Qué tipos de agentes patógenos se pueden identificar en las salas seleccionadas con base en las tecnologías de climatización empleadas y el análisis de satisfacción del personal?
- ¿El incumplimiento de los rangos de humedad relativa y temperatura establecidos por la ASHRAE 170 se relaciona con la presencia de agentes infecciosos en las superficies del ambiente hospitalario?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Estudiar la relación entre las variables de temperatura y humedad relativa con respecto a la presencia de agentes patógenos en diez salas del Hospital El Progreso.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los efectos de la temperatura y humedad relativa, así como los protocolos de limpieza y desinfección con la presencia de agentes patógenos en diez salas del Hospital El Progreso.
- Analizar los agentes patógenos identificados, la tecnología de climatización que se emplea en el hospital y las entrevistas realizadas al personal médico en las diez salas seleccionadas.
- Verificar los niveles de temperatura y humedad relativa en las diez salas del hospital según los rangos y lineamientos establecidos por la normativa ASHRAE 170-13.

III. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen las bases teóricas de la investigación, desde los microorganismos que se reproducen en un ambiente intrahospitalario, hasta la normativa para la regulación de la ventilación en instalaciones de atención médica.

3.1 MICROORGANISMOS INFECCIOSOS

3.1.1 AGENTES INFECCIOSOS

Organización Panamericana de la Salud (2002) afirma: "Los agentes infecciosos se componen de toda aquella entidad biológica capaz de producir una enfermedad transmisible o infecciosa, ya sea, a nivel superficial o a nivel profundo" (p.14).

Debido a sus características infectivas y tóxicas, estos agentes son capaces de manifestarse directamente de una persona infectada a otra. O, por el contrario, de manera indirecta al adherirse a superficies (mesas, paredes, camillas, instrumental, entre otros) y posteriormente un individuo entra en contacto con estos microorganismos (Organización Panamericana de la Salud, 2002).

3.1.2 AGENTES PATÓGENOS

Según Palau (2017): "Se considera patógeno a todo aquel microorganismo biológico que sea capaz de producir una enfermedad infecciosa en determinado huésped predispuesto" (p.1).

Estos pueden estar presentes en el aire, superficies o personas dentro de una institución sanitaria si se dan las condiciones para que estos puedan producirse y esparcirse. Los agentes patógenos más comunes son: bacterias, hongos, virus, entre otros.

Tomando como referencia lo anteriormente mencionado, los agentes patógenos se consideran infecciosos, ya que, sus características biológicas son semejantes entre sí. De esta manera, todas aquellas enfermedades transmisibles son producidas por estos tipos de microorganismos.

Una persona puede expulsar una media de 500 partículas en la tos y de 1.800 a 20.000 partículas en un estornudo, de los cuales la mitad son menores de 10 μm . El tamaño de estas tiene una gran importancia, debido a que, las más pequeñas penetran mejor los tejidos y las

más grandes tienen mayor supervivencia frente a los antibióticos. La mayoría de los virus y muchas bacterias que causan infecciones respiratorias se encuentran en gotas grandes de 20 µm, ya que, si son pequeñas se evaporan y se inactivan por desecación (Rosa et al., 2002).

Al ingresar ciertos contaminantes patógenos o infecciosos como los hongos, virus o bacterias (Tabla 1) al interior de las instalaciones hospitalarias se pueden desplazar o suspender en el aire o las superficies. De esta manera, pueden llegar a albergarse en cualquier nivel del sistema respiratorio humano (Majumdar & Padiglione, 2012). Dadas sus cualidades alergénicas, infecciosas y tóxicas, estos agentes provocan diversas patologías agudas o crónicas, las cuales en algunas situaciones pueden llegar a ser mortales para la salud de los pacientes, personal y visitantes (Morgado, et al., 2018).

Tabla 1. Clasificación de agentes patógenos en función del riesgo de infección

Categoría	Definición	Ejemplos
Grupo 1	Agente que resulta poco probable que cause enfermedad en el paciente.	<ul style="list-style-type: none"> • Resfriados menores • Alergias
Grupo 2	Agente patógeno que puede causar una enfermedad en el paciente y puede suponer un peligro para el personal clínico. No obstante, es poco probable que se esparza de manera colectiva.	<ul style="list-style-type: none"> • Streptococcus pneumoniae • Virus de la gripe • Penicillium sp.
Grupo 3	Agente patógeno que puede causar una enfermedad en el paciente y presente un peligro serio para el personal clínico. Existe la posibilidad que se propague de manera colectiva.	<ul style="list-style-type: none"> • Legionella pneumophila • Virus de la hepatitis B • Histoplasma capsulatum
Grupo 4	Agente patógeno que causa una enfermedad grave en el paciente y supone un peligro para el personal clínico. Existen muchas probabilidades que se propague de manera colectiva.	<ul style="list-style-type: none"> • Mycobacterium tuberculosis • Pseudomonas spp • SARS-CoV-2

Fuente: (Culver, s.f)

La etiología de las infecciones nosocomiales ha presentado variaciones a través del tiempo. En el inicio, los patógenos predominantes fueron grampositivos, los cuales se caracterizan por tener una pared celular gruesa. Sin embargo, con la introducción de los

antibióticos se llevó a cabo una disminución de las infecciones causadas por estos microorganismos y pasaron a ser producidas fundamentalmente por bacterias gramnegativas las cuales presentan una pared celular delgada (Lebeque Pérez et al., 2006).

Palau (2017) menciona que la clasificación de agentes patógenos se divide de la siguiente manera:

- Virus
- Bacterias
 - Cocos
 - Bacilos
 - Espirilos
 - Vibriones
- Priones
- Hongos
- Protozoos
- Helmintos

3.2 INFECCIONES ASOCIADAS A LA ATENCIÓN EN SALUD

3.2.1 IAAS

Las infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS), son aquellas que no estaban presente, ni se encontraban en período de incubación al momento del ingreso del paciente o de realizarle algún procedimiento. Sino que, se adquirió durante la hospitalización o como consecuencia de un tratamiento, manifestándose en el tiempo de internación o después del egreso del paciente (Núñez, A. 2019).

Una IAAS es una infección localizada o sistémica que se desencadena a partir de una reacción adversa a la presencia de uno o varios agentes infecciosos o sus toxinas, sin que haya evidencia de su presencia previa a la admisión en el centro de atención en salud respectivo. Usualmente, se considera que una infección corresponde a una IAAS si se manifiesta al menos 48 horas después de la admisión (Allegranzi, y otros, 2011).

La adquisición de IAAS depende de muchos factores que generan las condiciones ambientales dentro de un ambiente hospitalario. Dichos factores pueden ser protocolos de

limpieza dentro de las salas, procedimientos clínicos realizados, higiene del personal y la calidad de climatización y ventilación dentro de las salas. El ambiente hospitalario es donde el paciente recibe atención clínica y es donde está expuesto a contraer una IAAS.

Los procedimientos clínicos y diagnósticos son fuentes potenciales de infecciones cuando no existen protocolos rigurosos de limpieza y desinfección. Para un quirófano el nivel de asepsia debe ser muy alto ya que, se expone el tejido del paciente al ambiente hospitalario. Así mismo, el instrumental médico y equipos diagnósticos pueden verse contaminados de agentes infecciosos esparcidos e incubados en el ambiente hospitalario dadas ciertas condiciones de climatización.

Por lo tanto, siguiendo con lo anterior, los agentes infecciosos son los causantes de las IAAS. Su presencia en el ambiente hospitalario está directamente relacionada con la tasa de infecciones dentro de una sala de atención clínica. Como consecuencia, si las condiciones climatológicas dentro de una sala permiten el crecimiento y supervivencia de agentes infecciosos, la sala se convierte en el reservorio de estos.

Las IAAS no solo afectan a los pacientes, también pueden afectar al personal médico que brinda atención médica y participa en procedimientos quirúrgicos y diagnósticos. En algunos casos, las IAAS se presentan luego del alta del paciente.

El periodo de manifestación de la infección está relacionado a factores propios del paciente como son la edad, sexo, estado nutricional y condiciones propias del agente patógeno para su incubación y desarrollo (Allegranzi, y otros, 2011).

3.2.2 FACTORES DE RIESGO DE LAS IAAS

Según Núñez, A. (2019): "Las IAAS están condicionadas por factores intrínsecos y extrínsecos. Los factores de riesgo intrínseco o dependientes del paciente no solo reducen la resistencia a la infección, sino que también condicionan el tipo de infección" (p.16).

Es importante destacar que la enfermedad base con la que el paciente es admitido condiciona el tipo de infección que puede desarrollar. El ambiente hospitalario contiene agentes patógenos que tienen alta resistencia a antibióticos utilizados para el tratamiento de infecciones. Como consecuencia, la efectividad de los antibióticos en el tratamiento de infecciones se puede ver perjudicada y, por lo tanto, la salud y recuperación del paciente.

Núñez, A. (2019) establece:

Los factores de riesgo extrínsecos son aquellos derivados de la hospitalización e incluyen tanto las maniobras diagnóstico-terapéuticas a las que se somete a los pacientes como el medio ambiente que lo rodea. De hecho, las infecciones más frecuentes son aquellas relacionadas con dispositivos médicos, como la ventilación mecánica, los catéteres vasculares centrales (CVC) y periféricos, las sondas urinarias y/o con los procedimientos quirúrgicos. (p.16)

Como se mencionó anteriormente, el instrumental médico, dispositivos médicos y los equipos biomédicos que entran en contacto directo con el paciente están propensos a contaminarse de agentes infecciosos libres en el aire del ambiente hospitalario. Es por ello, que forman parte de los factores de riesgo extrínsecos. El nivel de asepsia de todo equipo o dispositivo dispuesto a ser utilizado en maniobras o procedimientos que requieren de contacto directo con el paciente debe ser alto, ya que, esto supone una vía de transmisión de infecciones.

En las IAAS también influye el ambiente, comúnmente se suelen encontrar como fuentes potenciales de IAAS: el aire, el agua, superficies (muros, suelos, cielos), los objetos (jabones, ropa, juguetes) y los desechos hospitalarios, entre otros (Núñez, A. 2019).

El ambiente y los objetos que se encuentran en las superficies son factores extrínsecos que pueden generar IAAS. Existen agentes patógenos con la facilidad de movilizarse por medio del aire lo cual permite que se esparzan en el ambiente y estén presentes en las superficies del ambiente hospitalario. Por otra parte, el agua es un elemento fundamental para la supervivencia de los agentes patógenos. En este sentido, si el aire de una sala tiene un alto nivel de humedad será más probable que contenga agentes patógenos en crecimiento.

La calidad microbiológica del ambiente hace alusión a la cantidad de microorganismos que están presentes en un área determinada (Gutiérrez de Gamboa, 2008). Por esta razón, mientras más limpia esté un área, menor será el número de microorganismos presentes en la misma (Zambrano & Luna, 2013).

El cumplimiento de protocolos de limpieza y desinfección es importante para la reducción de microorganismos en el ambiente hospitalario. Los niveles de asepsia y

desinfección necesarios en un área de atención clínica varían según la clasificación de riesgo de cada área. En este sentido, los desinfectantes utilizados para cada tipo de área son distintos en su composición según los requerimientos de asepsia (Tabla 3).

Estas enfermedades tienen un origen multifactorial que viene dado por tres componentes que forman la cadena de infección e interactúan entre sí: el hospedador, el medio ambiente y los agentes infecciosos (bacterias, virus, hongos y parásitos) (Serra M, O’Farril R. 2012).

La interacción entre los factores de riesgo de infección determina el tipo de infección desarrollada en el paciente, su severidad y resistencia a los antibióticos empleados para su tratamiento clínico. Las condiciones de humedad y temperatura que requieren los agentes infecciosos son diferentes para cada uno de ellos.

3.3 DESARROLLO DE LAS INFECCIONES

Para que en un área sanitaria se reporten múltiples incidentes de infecciones, primeramente, se debe dar el crecimiento de agentes patógenos en las superficies. Estos microorganismos suelen aparecer de manera pasiva, por lo que, se deben desarrollar en su totalidad para que un individuo al entrar en contacto con estos agentes se infecte.

El desarrollo de las infecciones intrahospitalarias está condicionado por los tres factores principales (Ilustración 1). Cada una de estas etapas consta de ciertos elementos que indican las fases en las que se puede contraer una IN.

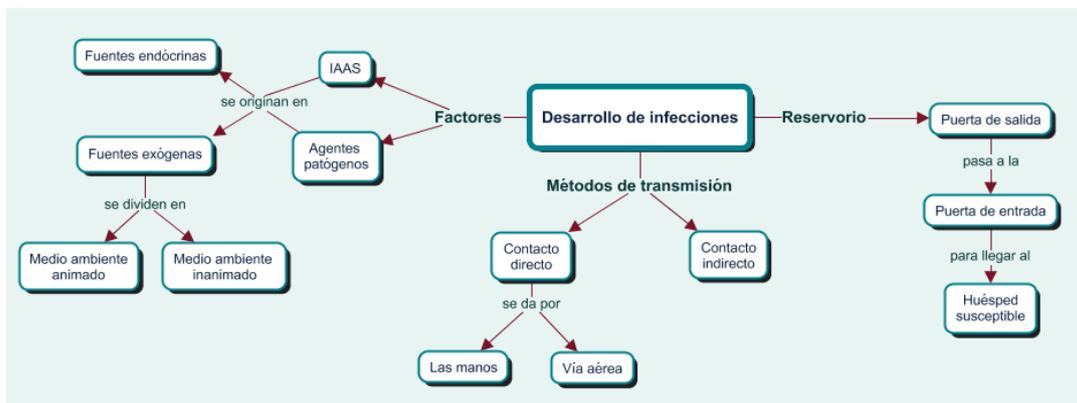


Ilustración 1. Relación conceptual entre el desarrollo de infecciones con respecto a los factores, métodos de transmisión y reservorios

Fuente: (Autoría propia, 2022)

3.3.1 FUENTES DE INFECCIÓN

Comenzando con las fuentes de infección de las IAAS y agentes patógenos, estos se componen de diferentes características las cuales influyen en su desarrollo, como ser la infectividad y la virulencia (Núñez, A. 2019).

Es importante aclarar que un mismo agente puede ocasionar múltiples infecciones, y que una determinada infección puede ser ocasionada por más de un microorganismo patógeno (Bolivia et al., 2010).

García (2011) afirma: "La infectividad es la capacidad que tiene determinado agente patógeno para multiplicarse en los tejidos de la piel, dando o no lugar a una infección. Mientras que, virulencia es la cantidad de enfermedad que puede producir algún agente infeccioso" (p.2).

Cabe destacar que algunos microorganismos son más infecciosos, pero menos severos para la salud del paciente. Por otra parte, también están aquellos agentes que presentan mayor riesgo clínico, pero apenas se esparcen en el ambiente.

Tanto las IAAS como los agentes patógenos pueden originarse por fuentes que contienen gérmenes endógenos o exógenos.

Las fuentes endógenas son aquellas que se originan en el paciente. Estas contienen una presencia abundante de colonias de microorganismos que se generan mayormente en la piel, nariz, boca, tracto gastrointestinal o la vagina (Núñez, A. 2019).

Mientras que las fuentes exógenas son aquellas externas al paciente. Los microorganismos se generan en individuos como el personal sanitario o las visitas, cuando estos entran en contacto con el paciente infeccioso o con alguna superficie; o por el contrario manipulan algún instrumental o dispositivo biomédico infectado (Núñez, A. 2019).

Dentro de las fuentes exógenas, se pueden contraer agentes patógenos en ambientes animados e inanimados en una institución sanitaria. Esto se debe a la relación que existe desde el origen de la infección hasta las vías de transmisión.

Según Villatoro (2009): "Un ambiente animado está constituido por los pacientes hospitalizados, el personal de salud que labora en el hospital y los visitantes" (p.35). Este

ambiente es una fuente de infecciones o mecanismos de transmisión importante de gérmenes debido a la frecuencia de procesos cruzados.

En este tipo de ambiente, se suele dar a menudo el contacto de pacientes infecciosos con el personal o con visitantes. Lo que constituye en una fuerte infección de microorganismos patógenos.

Por otra parte, el medio ambiente inanimado está constituido por superficies, equipos, salas de hospitalización, paredes, y demás infraestructura interna del hospital. Estos elementos guardan relación con las infecciones nosocomiales ya que, constituyen reservorios de microorganismos siendo focos de contagio y vehículos de transmisión (Villatoro, 2009).

En este caso particular del ambiente inanimado, los microorganismos infecciosos quedan adheridos a las superficies o dispositivos biomédicos de las salas, en donde no se pueden apreciar a plena vista. No obstante, si estos agentes entran en contacto con la piel del paciente o del personal, corren riesgo de poder infectarse.

3.3.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Los medios por los cuales se transmiten los agentes patógenos desde una fuente al huésped pueden ser múltiples y estos dependen de:

- La vía por la cual se eliminan los microorganismos que puedan favorecer al contacto con el paciente para que este pueda desarrollar una infección.
- La resistencia que pueda tener determinado agente patógeno en el medio ambiente, desde su origen hasta llegar al individuo.
- La existencia de puertas de entrada, que permita crear una vía por la cual los microorganismos se puedan esparcir a los pacientes y adherir a las superficies (Gironés, 2004).

En estos elementos influyen factores como la infraestructura de la habitación, la humedad, temperatura, la dirección de las corrientes de aire y su velocidad, entre otros. De igual forma, en aquellas salas donde se mantienen a pacientes hospitalizados es más frecuente que se puedan presentar concentraciones de agentes patógenos que en condiciones normales como en salas de consulta externa (Gironés, 2004).

Los medios por los cuales se pueden transmitir los agentes infecciosos dentro de un ambiente hospitalario son por contacto directo o indirecto.

El mecanismo de transmisión directa es aquel que se da cuando un individuo entra en contacto con otra persona portadora del agente patógeno, o con alguna superficie la cual contenga una concentración de microorganismos infecciosos (Gironés, 2004).

Este medio de transmisión es muy común que ocurra en el personal sanitario. Esto se debe a que, continuamente entran en contacto con instrumentales quirúrgicos o dispositivos médicos que en algunas situaciones son portadores de microorganismos que posteriormente son utilizados en los pacientes.

Gironés (2004) establece que dentro de los medios de transmisión directos se pueden encontrar:

- La transmisión por las manos: Es la forma más común de contraer una infección nosocomial, ya que, en las manos se adhieren una gran cantidad de agentes patógenos durante la realización de actividades sanitarias. Esto se debe al gran número de contactos que se tiene con pacientes infectados, focos de infecciones, superficies, instrumental médico, entre otros.
- La transmisión aérea: No se caracteriza por ser un contacto directo como tal, no obstante, si se requiere de una distancia mínima para que los agentes patógenos se puedan esparcir al hablar, toser o estornudar. Esta distancia puede estar entre 1 y 2 metros.

Existen otros medios de contacto directo, no obstante, las manos se consideran como el medio principal por el cual se transmite una infección, siendo la parte del cuerpo que más entra en contacto con la boca, nariz y ojos. Medios por los cuales es más probable contraer infecciones.

Mientras que por la vía aérea es donde más infecciones cruzadas se suelen dar en un ambiente intrahospitalario. Esto se debe a que es inevitable la comunicación del personal con el paciente o con un visitante. De igual forma, la tos y los estornudos son algo habitual en las personas que acuden a un hospital.

Por otra parte, el mecanismo de transmisión indirecto de agentes patógenos se presenta con menor frecuencia en un ambiente hospitalario. Debido a que, estos se derivan por medio del agua, alimentos o concentraciones de microorganismos resistentes en el aire. Este medio consta de aquellos materiales que son utilizados en manipulaciones respiratorias, sondas urinarias, catéteres vasculares, transfusiones, entre otros (Gironés, 2004).

Aquellos agentes patógenos que se transmiten por el aire son los más comunes dentro del medio indirecto. La presencia de microorganismos infecciosos está influenciada por factores ambientales como la temperatura, humedad, presión, etc. O, por el contrario, por las concentraciones de polvo dentro de las salas. Las infecciones nosocomiales por este medio se dan por el aparato respiratorio del paciente (García, 2011).

3.3.3 HOSPEDADOR

El desarrollo de las IAAS por parte del huésped está determinado por la resistencia, el estado nutricional, el estrés, el sexo, días de internación, la patología de base a la cual se debe su internación y la edad. Siendo esta última un factor frecuente en los extremos de la vida de una persona (Bolivia et al., 2010).

De igual forma, el estado inmunitario del paciente juega un rol importante al momento de contraer una infección, ya que, los inmunodeprimidos de diferente etiología son más susceptibles y con mayor probabilidad de esparcirse hacia un huésped potencial (Bolivia et al., 2010).

Además, el personal encargado de los pacientes ha sido identificado como reservorio y vector de brotes de infecciones intrahospitalarias (Bolivia et al., 2010). Esto se debe a la exposición que tienen diariamente al estar en un entorno clínico con altas presencias de agentes patógenos adheridos a superficies, instrumental o los propios pacientes. Por lo que, el personal puede ser tanto un potencial hospedero, o un portador de infecciones que pueden ser transmitidas a otros individuos.

La hospitalización implica un riesgo de adquirir una IN tanto para niños como para adultos. No obstante, pacientes con edad inferior a 1 año y ancianos, tienen un estado inmunológico deteriorado y menor respuesta a la agresión contra agentes externos, que los hace más susceptibles.

Lebeque Pérez et al., (2006) afirma:

El National Nosocomial Infection Surveillance (NNIS) informa que el 54 % de las IN se presentan en ancianos. Las interacciones entre la disminución de la capacidad bactericida, enfermedades asociadas a la edad, cambios anatómicos y fisiológicos considerados como normales son factores que, analizados de conjunto, permiten explicar el desproporcionado porcentaje de IN en este grupo etario. (p.1)

En los niños, la susceptibilidad de una IN varía de acuerdo con la edad, el grado de desarrollo del sistema inmunológico y la experiencia previa con algunos microorganismos; el recién nacido es el más susceptible (Lebeque Pérez et al., 2006).

3.3.4 PROCESO DE TRANSMISIÓN DE INFECCIONES

Las IAAS son resultado de secuencias de interacciones y condiciones especiales que permiten que un agente infeccioso ingrese y afecte a un hospedero susceptible (Organización Panamericana de la Salud, 2017).

El proceso condicionado por el agente infeccioso se puede dar en cualquier ambiente, ya sea, animado o inanimado y se puede dar por cualquier medio de transmisión hasta llegar al paciente (Ilustración 2). Esto es debido a que cualquier microorganismo patógeno siempre seguirá la misma línea de transmisión hasta encontrar un huésped susceptible.

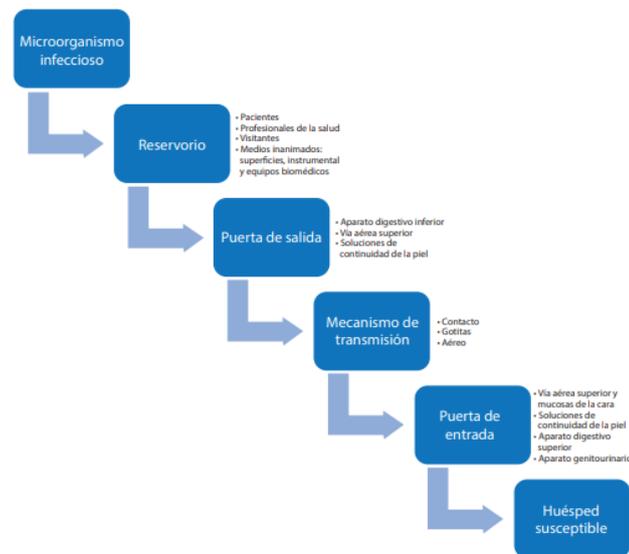


Ilustración 2. Proceso de transmisión de un microorganismo

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2017)

La única diferencia que existirá en ambos ambientes es el medio por el cual se reproducirá el agente infeccioso. Por una parte, en el ambiente animado; el paciente, alguna visita o el personal médico, involuntariamente habrá contraído la infección y será quien se encargue de esparcirla. Mientras que, en el ambiente inanimado, alguna superficie, instrumental o dispositivo biomédico tendrá las partículas conteniendo el agente infeccioso y al más mínimo contacto con la piel comenzará a esparcirse.

El proceso por el cual debe pasar determinado agente infeccioso para llegar a un huésped susceptible es bastante extenso. Por esta razón, las infecciones cruzadas se suelen dar a menudo en entornos hospitalarios, donde el paciente se encuentra hospitalizado por largos periodos de tiempo. Esto se debe a la prolongada estadía que debe esperar para recibir el alta médica. De igual forma, aquellos pacientes que son transportados continuamente a diferentes salas por los pasillos están propensos a infectarse por el alto flujo de personas que hay en el hospital.

Específicamente, se requiere que un microorganismo deje el lugar en el cual habitualmente vive y se reproduce (reservorio) a través de una puerta de salida; luego, mediante un mecanismo de transmisión, debe encontrar la puerta de entrada en un sujeto susceptible de adquirir la infección (hospedero/huésped susceptible). Posteriormente, se requerirá que el hospedero o huésped susceptible desarrolle la enfermedad (Ilustración 3) (Organización Panamericana de la Salud, 2017).

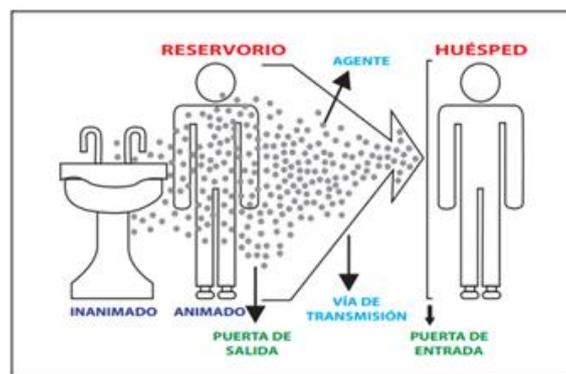


Ilustración 3. Transmisión de microorganismos a otro huésped

Fuente: (Organización Panamericana de la salud, 2017)

3.4 AGENTES PATÓGENOS HOSPITALARIOS

A partir del proceso del desarrollo de agentes patógenos, se pueden producir diversos tipos de infecciones nosocomiales en cualquier área dentro de un entorno hospitalario, las cuales pueden provocar una posible lesión grave al paciente o la muerte. Dependiendo del tipo de microorganismo que se desarrolle puede generar distintos eventos adversos.

3.4.1 STAPHYLOCOCCUS COAGULOSA NEGATIVA

Según Fariña et al. (2013): "El Staphylococcus Coagulasa Negativos (SCN) es un coco gram positivo coagulasa negativo. Son bacterias residentes de la piel y mucosas sanas del ser humano que constituyen entre el 65 al 90% de los Staphylococcus aislados en la piel" (p.1).

El Staphylococcus Coagulasa Negativa es uno de los microorganismos más comúnmente aislados en los cultivos bacteriológicos realizados en laboratorios de microbiología dentro de un hospital. Clínicamente pueden ser agentes patógenos hostiles o pueden ser simples comensales.

Este tipo de agente está estrechamente relacionado con la contaminación de instrumentales invasivos que son utilizados en procedimientos quirúrgicos y dispositivos protésicos. El Staphylococcus puede ocasionar infecciones en la piel, en tejidos blandos, urinarias y postquirúrgicas (Fariña et al., 2013). Algunas de estas especies producen infecciones específicas como las urinarias por *S.saprohyticus*, o de gravedad considerable como endocarditis u osteomielitis causadas por *S.lugdunensis* o *S.schleiferi*. Derivadas de la misma familia de Staphylococcus Coagulasa Negativa (Olaechea et al., 2011).

El Staphylococcus Coagulasa Negativa se relaciona con una diversa variedad de infecciones nosocomiales. Se transmite mediante el contacto directo con el huésped, por lo que, forman parte del medio ambiente inanimado que rodea al paciente. Desde el punto de vista clínico, su capacidad infecciosa es muy alta, siendo este un agente infeccioso más que virulento.

Se los reconoce primariamente asociados a infecciones nosocomiales con cepas de la propia flora (infecciones endógenas) o provenientes del personal de salud (contaminación exógena) en pacientes inmunocomprometidos o debilitados y en neonatos (Predari, S. 2007).

Algunas de estas especies son patógenas cuando existe predisposición e inmunosupresión en el huésped o en presencia de cuerpos extraños.

3.4.2 CITROBACTER FREUNDII

Ullauri-González & Freire-Cuesta (2019) establecen: "Citrobacter freundii es un bacilo gram negativo perteneciente a la familia Enterobacteriaceae. Es un microorganismo que puede adquirir resistencia a varias clases de antibióticos" (p.1).

Este tipo de agente patógeno es causante de múltiples infecciones intestinales como las infecciones del tracto urinario (ITU) y la septicemia. Estas patologías se dan mayormente en pacientes inmunocompromidos y hospitalizados (Ullauri-González & Freire-Cuesta, 2019).

Según Ullauri-González & Freire-Cuesta (2019): "C. freundii, conocido como agente etiológico de una gran variedad de patologías como ITU, heridas, infecciones gastrointestinales, meningitis y sepsis" (p.1).

La identificación y crecimiento de este tipo de bacteria está presente en cualquier departamento de una institución sanitaria. No obstante, se origina mayoritariamente en salas donde se realizan procedimientos quirúrgicos de laparotomía. Debido a que, C.freundii tiende a adherirse a las paredes del intestino del ser humano.

Este agente es frecuente patógeno de infecciones asociadas a la atención de salud del tracto respiratorio, tracto urinario y sangre. La puerta de entrada identificada más frecuentemente fue la vía respiratoria con un 20,9%; mientras que los tractos gastrointestinal y urinario lo fueron con un 15,3% respectivamente (Ullauri-González & Freire-Cuesta, 2019).

3.4.3 BACILUS SPP

Según Layton, et al. (2011): "Son bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gram positivos, producen endosporas con morfología oval o cilíndrica que le permite resistir condiciones desfavorables en el ambiente" (p.4).

La propagación activa de este tipo de microorganismo se produce en áreas que presentan superficies húmeda (paredes, mesas, aires acondicionados, sillas, entre otros). Las células en crecimiento no se propagan fácilmente en medios líquidos, estas necesitan de algún reservorio físico para poder esparcirse en el ambiente (Layton, et al., 2011).

El agente patógeno *Bacillus* pertenece a la familia de Firmicutes (Calvo & Zúñiga, 2010). Siendo descritos como microorganismos comúnmente presentes en polvo en las paredes, en el suelo y demás superficies de un entorno hospitalario, especialmente en áreas quirúrgicas de procedimientos renales.

Dentro de los *Bacillus*, se pueden identificar distintos tipos de especies. En ciertos casos, un microorganismo es capaz de desarrollar únicamente una especie (sp), mientras que, en algunas ocasiones, un solo agente *Bacillus* puede contener múltiples especies bacteriológicas en sus propiedades biológicas (spp) (Calvo & Zúñiga, 2010).

Calvo & Zúñiga (2010) afirman: "Las bacterias del complejo *Bacillus* se pueden desarrollar en *B.cereus*, *B.anthraxis*, *B.subtilis* o *B.licheniformis*. Estas han sido descritas como agentes etiológicos de bacteriemias, neumonías, oftalmítis, osteomielitis, infecciones de piel y tejidos blandos, abscesos cerebrales y meningitis en huéspedes inmunocomprometidos" (p.2).

Los *Bacillus* spp presentan un amplio rango de temperaturas en donde se produce el crecimiento de este tipo de agentes patógenos en las superficies de cualquier área sanitaria. Esta debe estar entre 30 y 45° C (Villarreal-Delgado et al., 2018).

3.4.4 ENTEROBACTER HAFFNIA

Sakazaki y Tamura (1992) mencionan:

Haffnia alvei es una bacteria bacilar Gram negativa anaeróbica facultativa, la cual pertenece a la familia bacteriana Enterobacteriaceae, forma parte de la microbiota gastrointestinal humana y animal, así como del medio ambiente. La bacteria ha sido descrita encontrándose de forma natural en el suelo y en el agua. (p.1)

En el caso de los seres humanos, esta clase de agente patógeno se ha asociado con múltiples tipos de infecciones que incluyen bacteriemia, septicemia, neumonía, endoftalmítis, infecciones de articulaciones y heridas, infecciones respiratorias, síndrome urémico hemolítico y meningitis. En patologías extraintestinales, como peritonitis o abscesos, se considera *H.alvei* como un agente causal de infecciones (Ramos-Vivas, 2020).

Según Ramos-Vivas (2020): "Como en la mayoría de las enterobacterias, la expresión de algunos factores de virulencia está modulada por la temperatura. Así, *H.alvei* produce una

biocapa más robusta y expresa flagelos laterales cuando se cultiva a temperatura ambiente (p.1).

Enterobacter Haffnia es una bacteria con una alta tasa de virulencia, por lo que, no se logra esparcir fácilmente en el ambiente como otro tipo de bacterias. Sin embargo, esta puede ocasionar mayores complicaciones a los pacientes si entran en contacto con ella y no se le da el tratamiento correspondiente en la medida de lo posible.

Este agente patógeno presenta una mayor flexibilidad en cuanto a los intervalos de temperatura que afectan al crecimiento y supervivencia de estos microorganismos. Debido a que, no crecen por debajo de los 5° C y los rangos máximos de temperatura oscilan entre 40 y 42° C (PUMAROLA, 1993).

Enterobacter Haffnia requiere de altos niveles de temperatura para que esta se pueda producir en cualquier entorno. Por lo que, la presencia de este tipo de microorganismos es posible pero muy poco probable. No obstante, presenta mayor facilidad para desarrollarse en superficies húmedas que cumplan con sus necesidades nutritivas.

3.5 CRECIMIENTO BACTERIOLÓGICO

3.5.1 CONDICIONES PARA EL CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS

Orjuela. A. & Pallares. A. (2006) afirman:

La humedad absoluta hace referencia al número de gramos de vapor de agua contenidos en un metro cúbico de aire. Mientras que, la humedad relativa es la relación, expresada en porcentaje, entre la cantidad de vapor de agua realmente existente en la atmósfera y la que existiría si el aire estuviera saturado a la misma temperatura. (p.47)

La humedad absoluta y la humedad relativa son dos variables diferentes. Por un lado, la humedad relativa indica los niveles adecuados de temperatura en un ambiente para mantener la capacidad del aire en cierto rango de satisfacción. Mientras que, la humedad absoluta es la cantidad de vapor que se percibe en el aire.

Esta capacidad del aire para contener humedad se relaciona con la temperatura, donde si la capacidad del aire para absorber vapor de agua aumenta, la temperatura se eleva;

mientras que la humedad relativa disminuye cuando la temperatura aumenta (Orjuela. A. & Pallares. A. 2006).

A mayor temperatura, menor el nivel de humedad relativa presente en el aire. Si la temperatura en un ambiente es constante, también lo será la humedad relativa. Así mismo, la humedad afecta la sensación térmica. En este sentido, mientras más alta es la humedad relativa, la sensación térmica será más alta y los ocupantes de un ambiente sentirán más calor del que en realidad hay.

Según Orjuela. A & Pallares. A (2006): “La humedad relativa es un factor determinante en el crecimiento de los microorganismos; cuando se encuentra entre 40 – 60% la atmósfera no contiene vapor de agua necesario para su óptimo crecimiento, haciendo que disminuya su concentración en el aire” (p.48).

Generalmente todas las células con metabolismo activo requieren de agua del ambiente, ya que, sin humedad estos microorganismos no pueden vivir por largos periodos de tiempo (Junco & Rodríguez, 2015).

Uno de los elementos básicos para el crecimiento de microorganismos es el agua. Este es un elemento nutricional esencial para la supervivencia de los agentes patógenos. Por esta razón, la humedad juega un papel importante en que estos estén presentes en el ambiente. El rango de humedad óptimo para el crecimiento de microorganismos es de 40 a 60% por lo que, en un ambiente hospitalario no se deben encontrar estos niveles de humedad en salas de atención clínica ya que, favorecerían el crecimiento de agentes patógenos que pueden afectar la salud del paciente.

El límite menor de humedad relativa para el crecimiento de hongos es del 65%. Mientras que las bacterias requieren de un mayor porcentaje de humedad para que estas comiencen a generar agentes patógenos en el ambiente. Las bacterias gram negativas son menos resistentes debido a la desecación que las positivas; esto se refleja en que existe poca evidencia de transmisión por el aire de este tipo de bacterias, con la excepción de Legionella (Lidwell, 1990).

Existen agentes patógenos que requieren niveles de humedad mayores al 60% como lo son los hongos. También existen diferentes tipos de bacterias gram positivas y gram

negativas que necesitan de niveles mayores a 80% de humedad. En este sentido, el hallazgo de estos agentes patógenos en un área de atención estará estrechamente relacionada a las deficiencias en la regulación de los niveles de humedad dentro de la sala.

La temperatura está relacionada con la energía calorífica de los rayos solares y es importante porque determina la formación de las nubes, afecta los valores de humedad atmosférica o cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire (Orjuela & Pallares, 2006).

La temperatura en la tropósfera varía de 40° C cerca de la superficie, hasta -80° C en las capas altas, permitiendo alcanzar temperaturas de congelación entre 3-5 Km. La congelación no destruye los microorganismos, impide que estos puedan multiplicarse. Diversos estudios muestran que el incremento de la temperatura disminuye la viabilidad de los microorganismos (Mohr, 1997).

Bailey & Scott (2009): "Se multiplican de mejor manera las bacterias a una temperatura de 35 a 37 °C, por lo que se adoptan estos valores al momento de incubar los medios de cultivo" (p.37-38).

Por otra parte, Ramos & Meza (2017) afirman: "En relación con la temperatura, existen microorganismos capaces de desarrollarse en cualquier entorno, sin embargo, dentro de los diferentes grupos en los que se pueden clasificar, la mayoría se encuentran en un rango entre 25 y 45° C" (p.38).

Para la identificación del crecimiento de agentes patógenos se deben realizar procesos de muestreo bacteriológico (Sección 3.5.2) las cuales deben cumplir con los requerimientos de temperatura adecuados para su posterior análisis. En ciertas circunstancias, la presencia de agentes patógenos en una sala de atención médica.

Las condiciones de humedad relativa y temperatura que deben existir en un espacio para que se produzca el crecimiento de agentes patógenos (Tabla 2) pueden afectar la duración de la fase latente, la velocidad de crecimiento, las exigencias nutricionales y la composición química y enzimática de las células de los agentes infecciosos. Cada agente patógeno corresponde a determinada categoría de colonización, la cual refleja la supervivencia que tendrán los microorganismos en relación con estas variables climatológicas.

Tabla 2. Condiciones para el crecimiento de microorganismos

Clasificación	Ejemplos	% Humedad Relativa	Temperatura
Colonizadores primarios	<ul style="list-style-type: none"> • Aspergillus penicilíodes • A.restrictus • versicolor (a 25°C) • Penicillium chrysogenum 	<80% HRE	0-45° C
Colonizadores secundarios	<ul style="list-style-type: none"> • A.vericolor (a 12°C) • Cladosporium herbarum • C. sphaerospermum 	80-90% HRE	0-25 °C
Colonizadores terciarios	<ul style="list-style-type: none"> • Pseudomonas spp • Actinomicetos • Ulocladium spp • Trichoderma spp • Stachybotrs chartarum 	>90% HRE	25-55° C

Fuente: (Organización Panamericana de la salud, 2015)

3.5.2 MUESTREO BACTERIOLÓGICO

El muestreo bacteriológico se lleva a cabo para conocer el nivel de agentes patógenos presentes en las superficies, instrumentales, o dispositivos biomédicos que son manipulados por el personal clínico. Dichos agentes son susceptibles a variables climatológicas y pueden provocar alguna complicación en la salud de los individuos que se encuentren en el hospital.

Existen varios métodos para realizar el muestreo bacteriológico. Sin embargo, la principal forma de obtener las muestras es mediante hisopos o escobillones estériles (Ilustración 4). Este método consiste en frotar con un hisopo estéril previamente humedecido en una solución diluyente, en el área determinada para el muestreo.

El hisopo está destinado para la recolección de la muestra en la superficie seleccionada por el usuario. Este producto se clasifica como clase IIA según la directiva de productos sanitarios (93/42/CEE) (Torquemada, 2014).

Estos constan de un plástico que cumple la función de una barrera frente a los agentes patógenos. De esta manera, se asegura que la muestra sea lo más precisa posible, evitando el cruce de otros microorganismos que se generan en el aire y puedan alterar el análisis.

Se utiliza para superficies regulares e irregulares, tales como mesas, perillas, camillas, paredes y equipos biomédicos que forman parte del medio ambiente inanimado de las salas de atención clínica. En donde estas entran en contacto con pacientes, personal o visitantes.

Por otra parte, el tubo conteniendo el medio de transporte (culturete) posibilita y facilita el transporte de la muestra recolectada de origen biológico previo a que esta sea analizada. Estos culturetes se clasifican como producto para diagnóstico "in vitro" VID según la directiva de productos sanitarios (98/79/CE) (Torquemada, 2014).

El hisopo viene dentro de un empaque estéril junto con el tubo que contiene el medio de cultivo. Se frota el hisopo en la superficie a analizar y luego se introduce el hisopo en el tubo con el cultivo y se cierra la tapa. Posteriormente, se introducen los culturetes dentro de una refrigeradora de laboratorio (Ilustración 5) para conservar la muestra antes de ser cultivada. El objetivo de utilizar el hisopo es recolectar los microorganismos presentes en las superficies de interés para su posterior cultivo y análisis.

De igual forma, cada conjunto de escobillones estériles está compuesto de la siguiente manera (Ilustración 4):

- (A): Bolsa de peel-pack; esterilizados por radiación, medio de transporte de muestras bacteriológicas.
- (B): Tubo contenedor del medio (culturete); fabricado en polipropileno indeformable con fondo redondo. Es donde se colocará el hisopo una vez recolectada la muestra.
- (C): Tapón; hecho de polietileno que mantiene cerrado el culturete. Está diseñado para cerrarse herméticamente y que no resbale con los guantes.
- (D): Etiqueta; indica información general del medio de cultivo. La superficie de donde se tomó la muestra, la fecha, la ubicación, entre otros.
- (E): Hisopo (escobillón); medio por el cual se recolectará la muestra en la superficie seleccionada (Torquemada, 2014).



Ilustración 4. Escobillones para muestreo bacteriológico

Fuente: (Torquemada, 2014)

3.5.3 CULTIVOS BACTERIOLÓGICOS

Cuando se da el crecimiento de microorganismos en un medio artificial, las bacterias y hongos tienden a desarrollarse, generando colonias de agentes patógenos en las superficies (Bailey & Scott, 2009). Para que estas puedan ser visualizadas es necesario esperar al menos entre 18 – 24 horas como mínimo para conseguir un crecimiento idóneo y poder realizar los diferentes procesos de identificación bacteriana y fúngica (Bou, et al., 2010).

Estos cultivos son enviados al laboratorio para que sean procesados y analizados. De tal forma que, se puedan obtener las características de los agentes patógenos que se generaron en determinada superficie y la cantidad de cultivos presentes.

Para que los microorganismos se desarrollen de manera exitosa en un medio de cultivo es imprescindible cumplir con algunos requerimientos nutricionales tales como agua, carbono, energía, entre otros; así como ambientales, como el pH, temperatura y humedad relativa (Bailey & Scott, 2009).

Se pueden preparar medios de cultivo sólidos y líquidos mediante un proceso que consiste en separar una cantidad específica del medio en forma de polvo con cierta cantidad de agua. Luego, se debe someter a ebullición para disolver las partículas generadas. Finalmente, estos son colocados en una refrigeradora de laboratorio (Ilustración 5) para que puedan ser resguardados en óptimas condiciones climatológicas. (Bailey & Scott, 2009).

La función principal de la refrigeradora de laboratorio es la de conservar aquellas muestras que se serán analizadas en el laboratorio. De igual forma, aquellos instrumentos pequeños que porten cultivos bacteriológicos pueden ser colocados en estos dispositivos ya que, sus propiedades ambientales hacen que puedan permanecer por largos periodos de tiempo sin perjudicar el estado del material.



Ilustración 5. Refrigerador de laboratorio

Fuente: (TP, Laboratorio, 2022)

Los medios en donde se tomaron los cultivos son llevados a un autoclave (Ilustración 6). El cual según TP Laboratorio (2022): “Un recipiente metálico de paredes gruesas con cierre hermético que permite trabajar con vapor de agua a alta presión y a alta temperatura, que sirve para esterilizar diferentes tipos de materiales médicos” (p.1).

En este, se somete el instrumental médico y dispositivos pequeños a altas temperaturas por un breve periodo de tiempo para eliminar la presencia de agentes patógenos y que puedan estar listos para ser utilizados completamente limpios y estériles. Evitando el riesgo de infección al personal o los pacientes.

La esterilización con vapor de agua es el método más efectivo para la eliminación de agentes patógenos presentes en instrumentales quirúrgicos, equipos de laboratorio, dispositivos médicos pequeños, entre otros. Debido a que, se someten a una alta presión de hasta 121° C durante alrededor de 15 – 20 minutos. Esto ocasiona que se coagulen las proteínas de los microorganismos y estos se desintegren por completo sin dejar restos en los materiales (TP, Laboratorio, 2022).



Ilustración 6. Autoclave de laboratorio

Fuente: (TP, Laboratorio, 2022)

3.6 PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

3.6.1 TIPOS DE LIMPIEZA

El método de limpieza varía entre los diferentes sectores del hospital, el tipo de superficie a ser limpiada, cantidad y características de la suciedad presente (Protocolo de limpieza y desinfección hospitalaria, 2019).

Los tipos de limpieza que se realizan en una institución de atención clínica son los siguientes:

- Rutinaria: Es la que se realiza diariamente en un horario establecido por el departamento de limpieza.
- Terminal: Se realiza al momento del alta o egreso del paciente, por ejemplo, la limpieza de colchón, incubadoras, cunas, accesorios y mobiliario (Protocolo de limpieza y desinfección hospitalaria, 2019).

Las actividades que se realizan al interior de los espacios cerrados determinan el tipo de contaminantes presentes y su concentración. En el caso de los hospitales y centros de prestación de salud, la naturaleza de su actividad los convierte en lugares con alto riesgo de infecciones o transmisión de enfermedades por la presencia de agentes patógenos (Blais, Perrot & Duchaine, 2015).

Los requerimientos de limpieza y desinfección son diferentes en cada tipo de departamento del hospital. Los niveles de asepsia requeridos dependen del tipo de procedimientos realizados, tipo de paciente y propósito clínico en cada área.

3.6.2 SUPERFICIES INERTES

Es necesaria la limpieza de las superficies inertes previo a realizar la desinfección del área, la cual es esencial para prevenir la transmisión y contagio de infecciones hacia los pacientes y personal médico. En este sentido, es importante establecer protocolos de limpieza y desinfección para cada área para reducir la tasa de microorganismos presentes en el ambiente hospitalario.

Según la frecuencia del contacto de las manos con las superficies, las superficies en un ambiente hospitalario se clasifican en:

- Superficies poco tocadas: Tienen contacto poco frecuente con las manos (paredes, techos, pisos, ventanas, aires acondicionados, etc.).
- Superficies altamente tocadas: Tienen contacto con las manos del personal y pacientes de manera frecuente (camas, almohadas, mesas, piletas, carro rojo, sillas, etc.).

En términos generales, se establece que todo lo que rodea al paciente y forma parte de su entorno debe ser limpiado y desinfectado de manera periódica para evitar el crecimiento y esparcimiento de microorganismos.

3.6.3 USO DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN SEGÚN LA CLASIFICACIÓN DEL SECTOR

Según el riesgo de transmisión de infecciones, las actividades realizadas en el área, el tipo de paciente que se atiende y los procedimientos de asepsia pertinentes, las áreas se clasifican por sectores (Tabla 3) y se dividen de la siguiente manera:

- Áreas críticas: Son los ambientes donde existe riesgo aumentado de transmisión de infecciones, donde se realizan procedimientos de riesgo o donde se encuentren pacientes inmunocomprometidos.
- Áreas semi-críticas: Áreas de internación de media o baja complejidad.
- Áreas no críticas: Son todos los demás compartimientos de los establecimientos asistenciales de salud no ocupados por pacientes y donde no se realizan procedimientos de riesgo (Protocolo de limpieza y desinfección hospitalaria, 2019).

Tabla 3. Clasificación de los sectores de un ambiente hospitalario

Clasificación de áreas	Salas	Limpieza y desinfección
Áreas críticas	<ul style="list-style-type: none"> • Unidad de cuidados intensivos (UCI) • Habitaciones de aislamiento • Quirófanos • Sala de partos • Neonatología • Central de esterilización (CEYE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Detergente + hipoclorito de sodio • Amonio cuaternario
Áreas semi críticas	<ul style="list-style-type: none"> • Salas de internación • Estación de enfermería • Baños, ascensores y pasillos • Vacunatorios • Consultorios ambulatorios • Laboratorio • Farmacia • Guardia de emergencias • Servicio de nutrición y dietética (cocina) • Servicio de diagnóstico por imágenes • Depósito de residuos patogénicos y lavandería 	<ul style="list-style-type: none"> • Detergente + hipoclorito de sodio • Limpieza con detergente de los pisos
Áreas no críticas	<ul style="list-style-type: none"> • Vestidores • Mantenimiento • Archivo • Almacenamiento o bodega • Oficinas administrativas 	<ul style="list-style-type: none"> • Detergente y/o desodorante de piso

Fuente: (Protocolo de limpieza y desinfección, 2019)

3.7 SENSOR DHT22

Moreno (2016) establece: "El DHT22 es un sensor con salida digital que está compuesto de un termistor que mide la temperatura y un sensor capacitivo que se encarga de determinar el nivel de humedad relativa en el ambiente" (p.2). De igual forma, este permite brindar información sobre la sensación térmica presente en un recinto.

El DHT22 puede ser conectado a pines digitales, ya que, como se mencionó anteriormente su salida es digital. Internamente el sensor cuenta con un microcontrolador que tiene como función comunicarse con el programa transmisor que alimentará el sensor y recibirá los datos provenientes del mismo.

Según Moreno (2016): "El sensor envía 40 bits al microcontrolador; de los cuales, 16 bits corresponden a mediciones de humedad, 16 bits corresponden a la medición de temperatura y 8 bits corresponden a las verificaciones de errores" (p.2).

Los bits de información binaria son traducidos a información en formato decimal y luego convertidos en porcentajes que pueden ser visualizados por el monitor serial del programa ARDUINO IDE (Anexo 1).

El sensor funciona con ciclos de operación de duración determinada, dos segundos en el caso del sensor DHT22 (Moreno, 2016). Durante este ciclo, el microcontrolador externo empleado en la programación y el microcontrolador interno del sensor se comunican entre sí para realizar el envío y recepción de datos de las variables de temperatura y humedad.

La forma en la que se comienzan a tomar las mediciones de temperatura y humedad relativa es mediante la comunicación inicial que existe entre el microcontrolador (Arduino) con el DHT22. El sensor responde estableciendo el handshaking, el cual es un proceso que consta de autenticar la señal recibida desde el microcontrolador al sensor DHT22. (Moreno, 2016).

Este se suele verificar con el cable de alimentación conectado en ambas partes. Si se genera el voltaje correspondiente, el sensor está funcionando adecuadamente y comenzará a tomar las medidas en intervalos de dos segundos. No obstante, si se recibe menor voltaje del que soporta el sensor, puede que exista un error en la toma de corriente o un error de conexión.

El software de Arduino IDE cuenta con una placa de desarrollo Arduino Mega 2560 (Ilustración 9) la es compatible con la programación de diversos sensores de la familia DHTXX. En esta se incluyen los sensores DHT11 y DHT22. Estos tienen la misma finalidad de medir la temperatura y humedad en un recinto, en base sus especificaciones técnicas impuestas por el fabricante (Tabla 4). No obstante, el DHT22 tiene mayor precisión para medir ambas variables climatológicas. Además de poseer un mayor rango de medición, permitiendo poder detectar espacios con niveles de temperatura y humedad relativa muy bajos o elevados.

Tabla 4. Especificaciones de los sensores DHT11 y DHT22

Parámetro	DHT11	DHT22
Alimentación	3Vdc ≤ Vcc ≤ 5Vdc	3.3Vdc ≤ Vcc ≤ 6Vdc
Señal de salida	Digital	Digital
Rango de medida (Temperatura)	De 0 a 50° C	De -40° C a 80° C
Precisión (Temperatura)	±2° C	<±0.5° C
Resolución (Temperatura)	0.1° C	0.1° C
Rango de medida (Humedad)	De 20% a 90% RH	De 0 a 100% RH
Precisión (Humedad)	4% RH	2% RH
Resolución (Humedad)	1% RH	0.1% RH
Tiempo de sensado	1 seg	2 seg
Tamaño	12 x 15.5 x 5.5 mm	14 x 18 x 5.5 mm

Fuente: (Moreno, 2016)

El sensor DHT22 se compone de tres pines (Ilustración 7), de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante. El primer pin tiene la función de alimentar al sensor con un voltaje en un rango de 3.3V – 5V. El segundo pin conduce la señal de salida del sensor hacia otro pin receptor en el microcontrolador. El tercer pin debe conectarse a una placa de prueba o al microcontrolador externo.

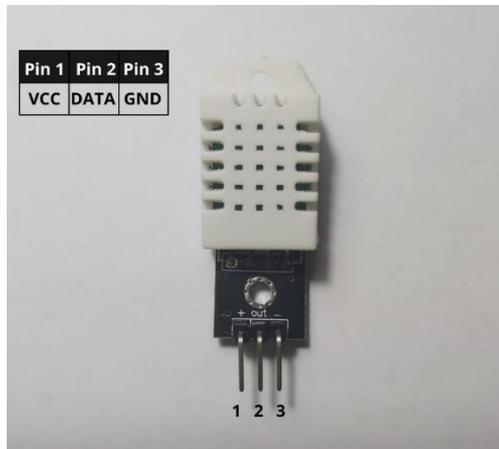


Ilustración 7. Pines del sensor DHT22

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Cada sensor de este modelo tiene compensación de temperatura y está calibrado en una cámara de calibración precisa. El coeficiente de calibración se guarda en el tipo de programa en la memoria OTP, cuando el sensor está detectando un error de precisión, citará

el coeficiente de calibración guardado en la memoria OTP (Digital-Output Relative Humidity & Temperature Sensor/Module, s. f.).

La memoria OTP del sensor tiene la característica de que solo puede ser grabada una vez. Es decir, que los valores o coeficientes de calibración de fábrica del sensor no pueden ser modificados o sobrescritos. Al estar almacenados en la memoria OTP, el sensor hace llamado de estos datos cuando detecta un error en la rutina de verificación de errores. Esto con el objetivo de calibrar el sensor y que funcione correctamente.

3.8 NORMATIVA ASHRAE 170-13,17,21

Las norma ASHRAE 170 forma parte de un conjunto de documentos publicados en 2013, 2017 y 2021, que ofrecen orientación, regulación y mandatos a diseñadores de instalaciones de atención médica sobre los estándares óptimos de climatización.

El objetivo de esta normativa es definir los requisitos de diseño para los sistemas de ventilación que proporcionan el control ambiental de la comodidad, la asepsia y los olores en las instalaciones de atención médica. Este estándar se aplica a edificios nuevos, ampliaciones a edificios existentes y remodelaciones en edificios existentes (ASHRAE, 2013).

3.8.1 LINEAMIENTOS DE CLIMATIZACIÓN

Dentro de la normativa ASHRAE 170 se establecen criterios de climatización como ser temperatura, humedad relativa, presión de las salas, flujo de aire, entre otros. Los cuales deben cumplir con los requisitos establecidos por la junta del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI). Miembros encargados de la modificación de los valores óptimos dentro de espacios sanitarios.

La normativa ASHRAE establece las condiciones de uso que se le deben dar a los equipos biomédicos a partir de las especificaciones ambientales idóneas que debe haber en determinado espacio del hospital. De esta manera, la vida útil de estos equipos será mucho mayor, ya que, se le estará dando un cuidado adecuado.

Para mantener los niveles de temperatura y humedad estables y que estos no excedan los valores máximos, se debe tomar en cuenta el dimensionamiento de la sala. De esta manera, se puede determinar la carga de enfriamiento y la calefacción que requerirá. Por otra parte,

también se debe conocer el flujo de pacientes y de personal que existe en cada área, para establecer la carga mínima requerida y si es necesario que sobrepasen en cierta medida los niveles ambientales.

Los sistemas de climatización serán capaces de mantener las salas dentro del rango óptimo durante el funcionamiento normal. Se permitirá una temperatura menor o mayor cuando la comodidad y/o afecciones médicas de los pacientes requieran dichas condiciones (ASHRAE, 2013).

Los procedimientos utilizados para disponer de un aire limpio son de vital importancia, sobre todo en áreas críticas de un hospital ya que necesitan poseer un ambiente bacteriológicamente limpio para evitar contaminaciones y posibles infecciones nosocomiales. Por lo que es necesario realizar monitoreos ambientales y proveer a dichas áreas las características climáticas adecuadas (Faarvent, 2018).

La ANSI es la entidad encargada de regular estos procedimientos dentro de ambientes hospitalarios. Al implementar la norma ASHRAE 170, toda institución sanitaria está obligada a cumplir con protocolos para el control de asepsia en los hospitales de forma rigurosa.

En los recintos cerrados las características del aire en el interior de un espacio hospitalario dependen en gran medida de las condiciones en las que se encuentra el aire circundante (exterior) (INSHT, 2015).

Esto se debe a que la calidad del aire externo es poco controlable en ciertas zonas, pudiendo contener agentes patógenos que pueden ingresar al interior de un recinto a través del sistema de ventilación, rejillas, materiales porosos, grietas y demás espacios entre materiales estructurales.

Por esta razón, la norma ASHRAE 170 tiene principios de infraestructura hospitalaria relacionados al correcto cumplimiento de condiciones climatológicas en cualquier área sanitaria. De manera que, se establecen los procedimientos que se deben seguir para prevenir la filtración de aire exterior infectado a un espacio interno estéril; así como también, la manera de eliminar los microorganismos si estos llegan a ingresar.

La normativa ASHRAE 170-13 establece criterios de climatización en base a la función destinada en espacios clínicos. De esta manera, se mantiene una clasificación en base al riesgo

que se presenta dentro de cada recinto en una institución sanitaria para identificar los parámetros de climatización permitidos (Tabla 5). De tal forma que, se pueda mitigar la presencia de agentes patógenos imperceptibles en el aire o en las superficies que puedan dañar severamente la salud de los pacientes, personal o visitantes.

Tabla 5. Estándares de temperatura y humedad en espacios clínicos

Función del espacio	Humedad relativa del diseño (%)	Temperatura del diseño (°C)
Quirófanos (clase B y C)	20 – 60	20 – 24
Quirófanos/salas de cistoscopia quirúrgica	20 – 60	20 – 24
Sala de parto (cesárea)	20 – 60	20 – 24
Sala de recuperación	20 – 60	21 – 24
Emergencia	65 máx.	21 – 24
Salas de traumatismos (crisis o conmoción)	20 - 60	21 – 24
Tratamiento del departamento de emergencia	60 máx.	21 – 24
Sala de pacientes	60 máx.	21 – 24
Cuidado del recién nacido	30 – 60	22 – 26
Labor posparto	60 máx.	21 – 24
Trabajo de parto (recuperación)	60 máx.	21 – 24
Cuidados críticos e intensivos	30 – 60	21 – 24
Cuidados intermedios	60 máx.	21 – 24
Sala de tratamientos	20 – 60	21 – 24
Sala de procedimientos quirúrgicos (clase A)	20 – 60	21 – 24
Sala de examen	60 máx.	21 – 24
Sala de trabajo limpia	60 máx.	22 – 26

Fuente: (ASHRAE, 2013)

IV. METODOLOGÍA

En este capítulo se especificarán las bases metodológicas de la investigación, desde las técnicas que fueron empleadas, las variables estudiadas, hasta la secuencia que se siguió para completar todas las actividades realizadas.

4.1. ENFOQUE

El presente proyecto de investigación tiene un enfoque mixto (Tabla 6). Se tomaron datos cualitativos mediante la implementación de encuestas para conocer la opinión del personal de salud con respecto a aspectos de limpieza y climatización. Del mismo modo, se evaluaron datos cuantitativos como ser las medidas de las variables de climatización y el análisis de los cultivos bacteriológicos presentes en cada área seleccionada.

El tipo de estudio que se realizó fue de carácter explicativo y secuencial (Tabla 6). Debido a que, a partir de la recopilación de los datos cuantitativos, se evaluaron varios análisis y verificaciones los cuales fueron respaldados por las respuestas obtenidas en los datos cualitativos.

El tipo de diseño era no experimental (Tabla 6) ya que, no se alteraron las mediciones de temperatura y humedad relativa para observar un potencial crecimiento de microorganismos dentro de las áreas del hospital. Únicamente se observaron y analizaron dentro de su contexto habitual.

La investigación tenía un alcance descriptivo (Tabla 6). Se buscó describir y analizar las características de las tecnologías de climatización utilizadas en el Hospital El Progreso. Así como los niveles de las variables de climatización en cada una de las diez salas seleccionadas, la presencia de agentes patógenos y el nivel de limpieza y desinfección del hospital obtenido a partir de la realización de encuestas al personal médico.

Tabla 6. Metodología de la investigación

Metodología de la investigación	
Enfoque	Mixto
Tipos de estudio	Explicativo-Secuencial
Tipo de diseño	No experimental
Alcance	Descriptivo
Tipo de muestras	Personas bajo observación

Fuente: (Autoría propia, 2022)

4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

4.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE

El estudio sobre el efecto de la temperatura y humedad relativa en la presencia de agentes patógenos (Ilustración 8) permitió comprender la relación entre estas variables con los niveles de microorganismos presentes en las superficies de las salas seleccionadas del hospital.

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Con base en la variable dependiente, se desarrollaron las siguientes variables independientes (Ilustración 8):

- Protocolos de limpieza y desinfección
- Tipos de agentes patógenos
- Tecnologías de climatización
- Tipo de sala o servicio hospitalario

El desarrollo de estas variables permitió comprender los objetivos específicos, así como determinar si existió una respuesta a las preguntas de investigación.

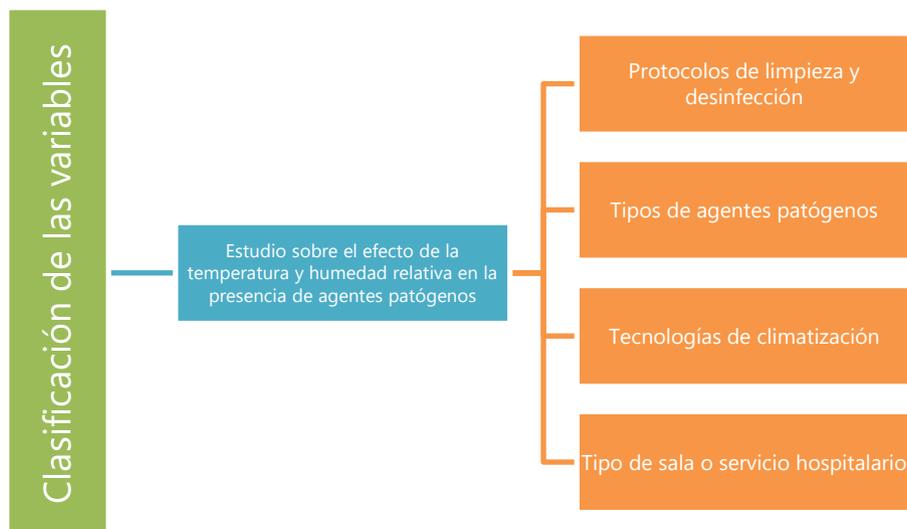


Ilustración 8. Clasificación de variables

Fuente: (Autoría propia, 2022)

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

A continuación, se presentan las técnicas e instrumentos aplicados para el desarrollo del presente estudio. Entre las cuales se encuentran plataformas de recolección de datos, técnicas de recolección de datos cualitativos, plataformas de comunicación y exportación de datos de manera serial y plataformas de programación en lenguaje C++.

4.3.1 MEDICIÓN INSTRUMENTAL

Se entrevistó al jefe del personal de mantenimiento (Sección 4.3.8) para conocer las tecnologías de climatización que se utilizaban en el hospital.

Una vez recopiladas las tecnologías, se utilizó la técnica de medición instrumental utilizando Arduino IDE (Sección 4.3.4) para medir los niveles de las variables climatológicas de temperatura y humedad relativa. Estos datos son leídos por programa de exportación de datos Tera Term (Sección 4.3.5). De igual manera, se utilizó el software de Minitab (Sección 4.3.6) para demostrar los resultados obtenidos mediante la implementación de histogramas.

4.3.2 ESTUDIO DE CULTIVOS BACTERIOLÓGICOS

Al momento de realizar el estudio de cultivos bacteriológicos para la identificación de la presencia de agentes patógenos se utilizaron los culturetes (Sección 4.4.4). De esta manera, se tomaba la muestra en las superficies inertes. Estas fueron seleccionadas mediante una entrevista con el jefe del área de laboratorio clínico (Sección 4.3.10), el cual señaló las superficies de mayor interés para el estudio.

4.3.3 ANÁLISIS DE LA SATISFACCIÓN DEL PERSONAL

Para medir la satisfacción del personal relacionada a la climatización y los procesos de asepsia que se mantenían en el hospital se aplicaron encuestas (Sección 4.3.7) para conocer la opinión con respecto a las variables de investigación. De igual manera, se entrevistó al jefe del personal de limpieza (Sección 4.3.9) para identificar rutinas, horarios, desinfectantes, entre otros.

4.3.4 PLATAFORMA ARDUINO IDE

Arduino IDE (Anexo 1) es una plataforma de programación en lenguaje C++. En esta, se puede configurar el funcionamiento de un circuito o montaje mediante sus librerías de código. Esta plataforma permite cargar los programas o sketches creados en la placa Arduino Mega 2560 (Ilustración 9).

4.3.5 PROGRAMA DE EXPORTACIÓN DE DATOS "TERA TERM"

Tera Term (Anexo 2) es un programa de comunicaciones gratuito. Se trata de un emulador de terminal para Windows 95/98/NT/2000/XP. Entre otras prestaciones, soporta emulación VT100, conexiones telnet y seriales.

Tera Term es un programa de comunicaciones que permite a las computadoras conectarse a sistemas externos para automatizar tareas, recoger datos, etc.

Este programa permite exportar los datos enviados de manera serial por el sensor o los sensores que se estén utilizando a la plataforma Arduino IDE. Tera Term ofrece la opción de exportar estos datos a hojas de cálculo en Excel en formato ".csv".

4.3.6 SOFTWARE MINITAB

Minitab (Anexo 3) es un software estadístico y de analíticas de datos diseñado para ayudar a las organizaciones de todos los tamaños a predecir, visualizar y analizar datos empresariales con el fin de pronosticar patrones, descubrir tendencias, ver relaciones entre variables y más (GetApp, 2022).

Minitab es un software el cual permite analizar datos de forma gráfica y calcular datos estadísticos a partir de la recopilación de datos. El software es intuitivo y permite utilizar una amplia variedad de herramientas estadísticas para el análisis de datos cuantitativos.

4.3.7 PLATAFORMA PARA FORMULARIOS "GOOGLE FORMS"

Google Forms (Anexo 4) es un programa que permite crear y publicar de manera muy fácil y eficiente formularios. Esta aplicación permite observar los resultados obtenidos de forma gráfica. Volviéndola una herramienta muy valiosa para la recopilación de datos.

Google Forms ofrece la facilidad de configurar y editar formularios al gusto del usuario, permitiendo visualizar las preguntas de determinada forma y los resultados de forma gráfica para un mejor análisis general.

4.3.8 ENTREVISTAS

Se realizó una entrevista al jefe del departamento de mantenimiento del Hospital El Progreso con el objetivo de registrar todas las tecnologías de climatización que se utilizan en la institución. Así mismo, se recopiló información sobre la capacidad de los minisplits utilizados en cada sala y el número de unidades funcionales en el hospital.

De igual manera, se entrevistó al jefe del departamento de limpieza del Hospital El Progreso. Se realizaron preguntas con el objetivo de conocer los protocolos de limpieza y desinfección que se manejaban dentro del hospital.

Finalmente, se realizó una entrevista al jefe del departamento de laboratorio clínico del Hospital El Progreso. Se realizaron preguntas con el objetivo de conocer que superficies inertes brindarían datos relevantes y de interés para evaluar el nivel de presencia de agentes patógenos en cada sala.

4.4 MATERIALES

4.4.1 ARDUINO MEGA 2560

El Arduino Mega 2560 (Ilustración 9) es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB, Jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo (Arduino Mega 2560 | Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea, 2019).



Ilustración 9. Arduino Mega 2560

Fuente: (Arduino, 2022)

La placa Arduino Mega 2560 fue seleccionada debido a su compatibilidad con el sensor DHT22. El Arduino Mega 2560 permitía recibir datos provenientes del sensor. Así mismo, esta brindaba la fuente de voltaje necesaria (3.3 V a 5 V) para el funcionamiento del sensor DHT22.

4.4.2 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT22

El sensor DHT22 (Ilustración 10) permitió realizar las mediciones de temperatura y humedad relativa en un ambiente interno o externo. El sensor DHT22 fue seleccionado debido a su amplio rango de medición de las variables de climatización y su alto grado de precisión.



Ilustración 10. Sensor DHT22

Fuente (Autoría propia, 2022)

4.4.3 PLACA DE PRUEBAS

Una placa de pruebas (protoboard) es un tablero compuesto por orificios que se encuentran conectados eléctricamente entre sí de manera interna (Ilustración 11). En ella se pueden insertar elementos electrónicos y cables para el armado y prototipado de circuitos electrónicos (Protoboard - Placa de Pruebas Para Arduino, 2020).

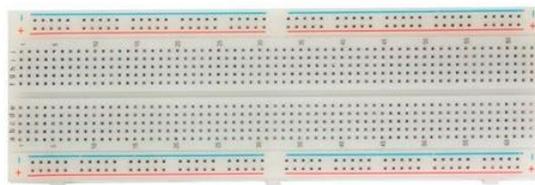


Ilustración 11. Placa de pruebas

Fuente: (Protoboard - Placa de Pruebas Para Arduino, 2020)

La placa de pruebas se seleccionó para realizar el montaje del circuito que alimenta y conecta al sensor con el microcontrolador Arduino Mega 2560.

4.4.4 CULTURETES

Los culteretes o kits de muestreo (Ilustración 12) fueron utilizados para la recolección de muestras bacteriológicas de superficies (paredes, camillas y perillas) seleccionadas en las diez salas del hospital. El kit contenía un hisopo/escobillón estéril el cual se frotaría en las superficies indicadas en cada una de las salas y un tubo con un medio de transporte que permitía la preservación y cultivo de la muestra.

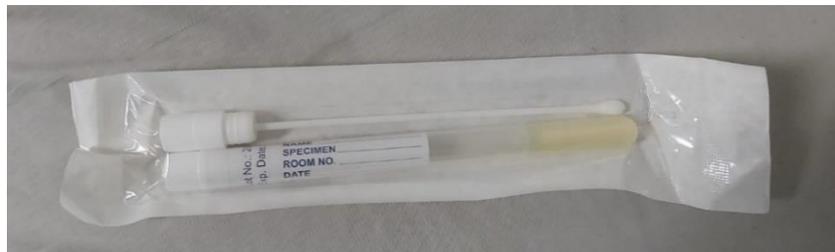


Ilustración 12. Medio de cultivo

Fuente: (Autoría propia, 2022)

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

El Hospital El Progreso cuenta con 21 tipos de servicios clínicos de los cuales 10 fueron seleccionados para el estudio. Esto con el objetivo de abarcar el 50% (n=10) de los servicios clínicos del hospital. La recolección de muestras para identificar el crecimiento de agentes patógenos y las mediciones de temperatura y humedad se realizaron en las siguientes diez salas del Hospital El Progreso:

- Emergencia de Medicina Interna
- Emergencia Ortopedia
- Emergencia Pediátrica
- Consulta Externa (2 consultorios)
- Hospitalización de Cirugía
- Labor y Parto
- Quirófano de Cirugía Laparoscópica
- Quirófano de Cirugía General (2 quirófanos)

Se seleccionaron estas salas debido a que presentaban una alta ocupación de pacientes y en estas se realizan procedimientos de contacto directo. Así mismo, las áreas seleccionadas requieren de altos niveles de asepsia y, al tener un alto flujo de pacientes y personal debería existir una mayor presencia de agentes patógenos. Dentro de estas salas, se evaluaron los niveles de asepsia, esterilización, temperatura y humedad relativa según la normativa ASHRAE 170-13.

La recolección de datos cualitativos mediante encuestas se realizó entrevistando al personal de las diez salas en las que se realizaron las mediciones de humedad, temperatura y la recolección de muestras microbiológicas. El tamaño de la muestra de datos cualitativos se seleccionó con base en estudios de teoría fundamentada, entrevistas o personas bajo observación (Tabla 7). El cual establece un número entre 20 a 30 personas que serán encuestadas.

Tabla 7. Tamaños de muestra en estudios cualitativos

Tipo de estudio	Tamaño mínimo de muestra sugerida
Etnográfico cultural	Una comunidad o grupo cultural, 30 – 50 casos que lo conformen. Si es menor el grupo, incluir a todos los individuos o el mayor número posible.
Etnográfico básico	Doce participantes homogéneos.
Fenomenológico	Diez casos.
Teoría fundamentada, entrevistas o personas bajo observación.	De 20 a 30 casos.
Historia de vida familiar	Toda la familia, cada miembro es un caso.
Biografía	El sujeto de estudio (si vive) y el mayor número de personas vinculadas a él, incluyendo críticos.
Estudio de casos	De 6 a 10. Si son en profundidad, de 3 a 5.
Grupos de enfoque	7 a 10 casos por grupo, al menos un grupo por tipo de población. Si el grupo es menor, incluir a todos los individuos o el mayor número posible. Para generar teoría, 3 a 6 grupos.

Fuente: (Sampieri, R. 2014)

4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

4.6.1 REGISTRO DE TECNOLOGÍAS DE CLIMATIZACIÓN

Se llevó a cabo el registro de las tecnologías de climatización utilizadas en las diez salas seleccionadas del Hospital El Progreso con el objetivo de relacionar las mismas con los niveles de temperatura, humedad relativa y la presencia de agentes patógenos. Esto mediante la toma de fotografías y entrevistas a personal del departamento de mantenimiento del Hospital El Progreso.

4.6.2 TOMA DE MUESTRAS BACTERIOLÓGICAS

La toma de muestras superficiales se realizó mediante el método del escobillón estéril (Sección 3.5.2). Se frotó el hisopo en la superficie de interés en cada sala (camillas, perillas/puertas y paredes) y luego se introdujo en un tubo que contiene el medio de transporte (Ilustraciones 13, 14 y 15). Posteriormente, se sometieron las muestras a temperaturas de cultivo para preservar su estado nutricional y que estas fueran analizadas por el personal de microbiología del Hospital El Progreso.



Ilustración 13. Recolección de muestras: Camilla

Fuente: (Autoría propia, 2022)



Ilustración 14. Recolección de muestras: Pared

Fuente: (Autoría propia, 2022)



Ilustración 15. Recolección de muestras: Puerta

Fuente: (Autoría propia, 2022)

4.6.3 MEDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Para la medición de las variables climatológicas, se desarrolló el programa o sketch que permite configurar el sensor y observar sus datos en la herramienta "monitor serial" de la plataforma Arduino IDE (Ilustración 16).

```
dht buenardo.ino
1  #include "DHT.h"
2  #define DHTPIN 2 // pin digital que el sensor estara conectado
3
4  #define DHTTYPE DHT22
5  DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Definicion del pin y tipo de sensor DHT
6
7  void setup() {
8    Serial.begin(9600);
9    Serial.println("Fecha y Hora, Humedad %, Temperatura *C, Temperatura *F");
10   dht.begin();
11 }
12
13 void loop() {
14   // Tiempo de actualizacion de datos en monitor serial
15   delay(1000);
16
17   float h = dht.readHumidity(); // funcion de lectura de humedad
18
19   float t = dht.readTemperature(); // funcion de lectura de temperatura
20
21   float f = dht.readTemperature(true); // funcion de lectura de temperatura en fahrenheit
22
23   // Chequeo de errores en medicion y montaje, display de error en monitor en caso de ser asi
24   if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
25     Serial.println("Error!");
26     return;
27   }
28   Serial.print(","); // Display de delimitador "," en monitor serial para separar en columnas
29   Serial.print(h); // Display en monitor serial de variable de humedad
30   Serial.print(",");
31   Serial.print(t);
32   Serial.print(",");
33   Serial.println(f);
34 }
```

Ilustración 16. Código de programación del sensor DHT22 en Arduino

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Posteriormente, se realizó el montaje del circuito de medición de humedad y temperatura y se conectará la placa Arduino Mega 2560 al puerto COM de la PC (Ilustración 17).

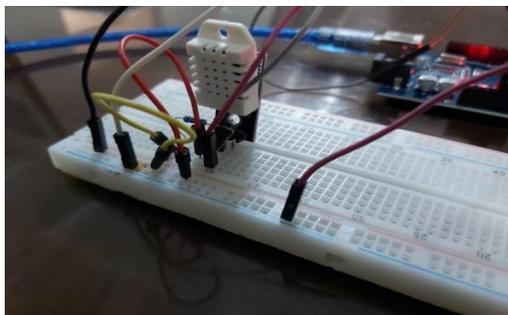


Ilustración 17. Conexión del sensor DHT22 con Arduino

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Finalmente, se cargó el programa en la placa Arduino Mega 2560 y se utilizó el programa "Tera Term" para extraer las mediciones (Ilustración 18) y enviarlas a una hoja de Excel en formato ".csv". Las mediciones se realizaron en cada una de las 10 salas seleccionadas en periodos de entre 5 a 15 minutos de obtención de datos.

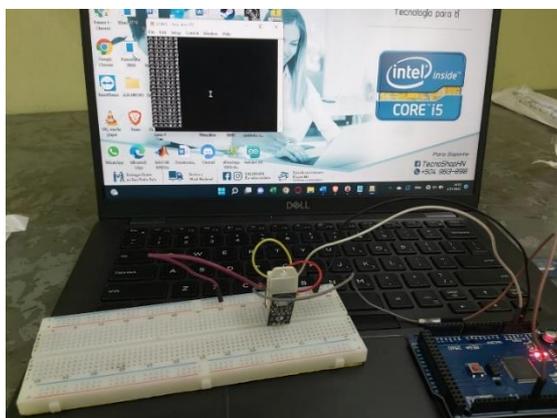


Ilustración 18. Extracción de los datos de las mediciones de climatización

Fuente: (Autoría propia, 2022)

4.6.4 REALIZACIÓN DE ENCUESTAS AL PERSONAL

Se realizaron encuestas al personal médico (Tabla 8) de cada sala mediante la herramienta Google Forms. Las preguntas realizadas y sus posibles respuestas se diseñaron con el objetivo de recolectar información relevante para evaluar la limpieza y desinfección, los niveles de climatización y casos de infecciones cruzadas dentro de las diez salas seleccionadas del hospital.

Tabla 8. Formato de la encuesta

Preguntas	Opciones de respuesta	Tipo de selección
¿En qué departamento del hospital se desempeña laboralmente?	<ul style="list-style-type: none"> • Emergencia medicina interna • Emergencia pediátrica • Emergencia ortopedia/cirugía • Quirófano • Consulta externa • Hospitalización cirugía • Labor y parto 	Selección múltiple
¿Cómo califica el nivel de limpieza en el hospital?	<ul style="list-style-type: none"> • Muy bueno • Bueno • Regular • Malo • Muy malo 	Selección única
¿Conoce los estándares de climatización hospitalaria de la normativa ASHRAE?	<ul style="list-style-type: none"> • Si • No 	Selección única
¿Se han dado casos de infecciones cruzadas recientemente en su área de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> • Si • No • Prefiero no opinar 	Selección única
¿Conoce usted los protocolos de limpieza y desinfección de acuerdo a su área de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> • Si • No 	Selección única
¿Cómo se siente con respecto a la climatización de su área de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> • Muy satisfecho • Satisfecho • Ni satisfecho ni insatisfecho • Insatisfecho • Muy insatisfecho 	Selección única
¿Ha visto usted que se utilice algún tipo de desinfectante de grado médico en su área laboral?	<ul style="list-style-type: none"> • Si • No 	Selección única
¿Considera usted que las rutinas de limpieza y desinfección se realizan en los horarios más adecuados?	<ul style="list-style-type: none"> • Totalmente de acuerdo • De acuerdo • Ni de acuerdo ni en desacuerdo • Desacuerdo • Totalmente en desacuerdo 	Selección única
¿Qué haría usted si en algún caso se llega a presentar el crecimiento de determinado agente patógeno dentro de su área de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> • Reportar al superior • Reportar al laboratorio 	Selección única/Respuesta abierta

Preguntas	Opciones de respuesta	Tipo de selección
	<ul style="list-style-type: none"> No haría nada Otra ... 	
¿Quién realiza el servicio de limpieza en su área de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> Personal de limpieza del hospital Empresa externa 	Selección única
A continuación, se presentan unos rangos de temperatura ¿con cuál de ellos se sentiría más cómodo en su ambiente de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> 16 – 18° C 19 – 21° C 22 – 24° C 25 – 27° C 	Selección única

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Así mismo, se realizó una entrevista al jefe del departamento de mantenimiento del hospital. La finalidad era conocer y registrar las tecnologías de climatización utilizadas en el hospital para regular la temperatura dentro de las salas y, por lo tanto, la humedad relativa.

Las preguntas realizadas al jefe del departamento de mantenimiento del Hospital El Progreso fueron las siguientes:

- ¿Qué tecnologías de climatización se utilizan en el hospital?
- ¿Cuántas unidades de minisplits funcionales hay en el hospital?
- ¿Porque razón no se utiliza la red central de ventilación?
- ¿Qué características técnicas tienen las tecnologías de climatización utilizadas en el hospital?

Por otra parte, se realizó una entrevista al jefe del departamento de limpieza del Hospital El Progreso. El objetivo de esta entrevista era conocer los horarios de limpieza que se manejaban en el hospital, que desinfectantes se utilizaban y que protocolos de limpieza y desinfección se aplicaban en cada área.

Las preguntas realizadas al jefe del departamento de mantenimiento del Hospital El Progreso fueron las siguientes:

- ¿Cuáles son los horarios de los turnos de limpieza?
- ¿Qué desinfectantes se utilizan para las zonas críticas del hospital?
- ¿Qué protocolos de limpieza y desinfección se manejan dentro del hospital?

Por último, se realizó un entrevista al jefe del departamento de laboratorio clínico del Hospital El Progreso para conocer que superficies inertes eran relevantes para la recolección

de muestras y que numero de muestras era el óptimo por cada una de las salas evaluadas. Las preguntas realizadas al jefe del departamento de laboratorio clínico fueron las siguientes:

- ¿Qué cantidad de muestras por sala se recomienda tomar?
- ¿Qué superficies inertes son relevantes para la recolección de muestras superficiales?
- ¿Cuál es la manera correcta de recolectar una muestra superficial?

4.6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS

Para analizar el crecimiento de agentes patógenos en las superficies se debía seguir el proceso para el muestro microbiológico (Ilustración 19). De esta forma, se mantenía un orden al momento de tomar las muestras para que estas fueran incubadas y analizadas de manera efectiva.

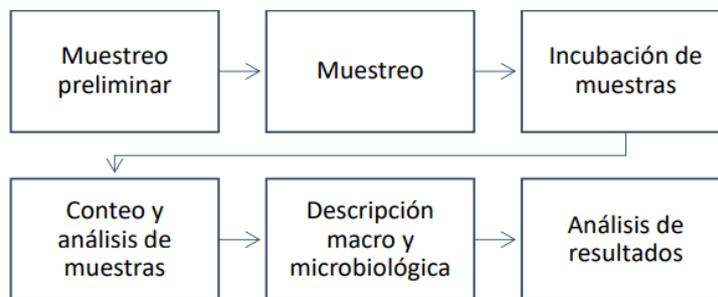


Ilustración 19. Proceso para la toma de muestras y posterior análisis

Fuente: (Muñoz, 2021)

A partir del crecimiento de cultivos de cada muestra, se analizó el número de colonias en cada una de ellas. Así mismo, se identificaron que tipos de agentes patógenos fueron encontrados en cada muestra. Se relacionaron los agentes patógenos encontrados con las condiciones de humedad y temperatura que requieren para su crecimiento en el ambiente. En este sentido, también se relacionaron las mediciones de humedad y temperatura en cada sala, con el objetivo de verificar que las condiciones ambientales favorecen la presencia de estos agentes.

4.6.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Los datos cualitativos de las encuestas realizadas fueron contabilizados para su posterior análisis de manera gráfica (Sección 5.5). Se tomó únicamente en cuenta a todo aquel personal clínico destinado a las áreas de estudio. Con base en la población que se obtuvo, se lograron responder las incógnitas que se asemejaban a las variables de investigación planteadas.

Según los datos recopilados, se evaluaron los niveles de limpieza, desinfección, periodicidad de aseo, calidad de climatización, casos de infecciones y conciencia del personal médico sobre el marco normativo en climatización. De esta forma, se pudieron identificar oportunidades de mejora en cada una de las áreas debido al reiterado número de respuestas que se obtuvo por parte del personal. Estos indicaban aspectos preocupantes con respecto a las variables de investigación.

4.6.7 VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS MEDIDAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SEGÚN NORMATIVA ASHRAE 170-13

Se analizaron los rangos máximos y mínimos de temperatura y humedad relativa medidos en cada sala. Las mediciones realizadas fueron verificadas según lo que establece la normativa ASHRAE 170-13 para cada tipo de sala.

4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación, se indica el cronograma de actividades (Ilustración 20) que fueron realizadas en el periodo desde octubre a diciembre durante 10 semanas; estas fueron claves en la realización del presente estudio. Las actividades iniciales fueron las bases de la definición del problema y la relación entre las variables de investigación que son el objeto de estudio. Se realizaron actividades que brindaron soporte teórico a los hallazgos encontrados a partir de los datos obtenidos mediante la aplicación de las herramientas e instrumentos metodológicos.

Actividades que se desarrollaron en el transcurso de la investigación	Semanas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Planteamiento inicial de la propuesta	■									
Modificación de la propuesta inicial	■									
Definir el alcance de la investigación	■									
Documento inicial de propuesta		■								
Recopilación de información		■								
Realización de la introducción y el planteamiento del problema		■								
Comienzo de la redacción del marco teórico		■								
Entrevistas con los jefes de mantenimiento y de limpieza del hospital			■							
Recopilación de tecnologías de climatización empleadas en el hospital			■							
Continuación de la redacción del marco teórico			■							
Entrevista con el jefe del departamento de laboratorio clínico del hospital				■						
Primera toma de muestras bacteriológicas en horario 9:00am - 12:00pm				■						
Realización de la encuesta para el personal				■						
Segunda toma de muestras bacteriológicas en horario 1:00pm - 3:00pm					■					
Toma de los niveles de temperatura y humedad relativa dentro de las salas					■					
Envío de la encuesta a los trabajadores de las áreas seleccionadas					■					
Finalización del marco teórico					■					
Elaboración de la metodología de la investigación						■				
Analizar los resultados de las muestras bacteriológicas						■				
Recopilar las respuestas obtenidas de las encuestas al personal sanitario						■				
Realización de histogramas con las medidas de las variables de climatización							■			
Elaboración de gráficos para observar la presencia de agentes patógenos por superficie							■			
Redacción de las conclusiones de la investigación y las recomendaciones finales								■		
Presentación de los campos de aplicabilidad de la investigación								■		
Observaciones para la evolución del trabajo a futuro								■		
Correcciones generales del documento final									■	
Elaboración del artículo científico									■	
Finalización del proyecto de investigación										■

Ilustración 20. Cronograma de actividades

Fuente: (Autoría propia, 2022)

4.8 MATRIZ METODOLÓGICA

A continuación, se presenta la matriz metodológica (Tabla 9) la cual está compuesta por los distintos elementos que definieron el estudio realizado. La definición de la relación entre estos elementos permitió trazar el camino metodológico que tomó el presente estudio. Desde la formulación y definición del problema que se abordó, las preguntas de investigación, los objetivos y las variables de estudio que tenían como finalidad brindar una respuesta a dichas preguntas mediante la implementación de técnicas y herramientas.

Tabla 9. Matriz metodológica

Título	Problema de investigación	Preguntas de investigación	Objetivos	Variables	Metodología y herramientas
Estudio sobre la incidencia de la temperatura y humedad relativa en la asepsia del Hospital El Progreso.	En el sector de salud pública en Honduras, no se monitorizan factores climatológicos por lo que, se puede llegar a dar el crecimiento de microorganismos en el ambiente hospitalario. Estos agentes pueden provocar infecciones de distintos tipos en los pacientes deteriorando su salud y rehabilitación.	General	General	Dependiente	Medición instrumental
		¿Existe una relación entre las variables de temperatura y humedad relativa con la presencia de agentes patógenos en las superficies de las salas del Hospital El Progreso?	Estudiar la relación entre las variables de climatización de temperatura y humedad relativa con respecto a la presencia de agentes patógenos en diez salas del Hospital El Progreso.	Estudio sobre el efecto de la temperatura y humedad relativa en la presencia de agentes patógenos.	Estudio de cultivos bacteriológicos
		Específicas	Específicos	Independientes	Recolección de muestras superficiales
		¿Cuáles son los niveles de climatización y los protocolos de limpieza y desinfección que se manejan dentro de las salas del Hospital El Progreso?	Conocer los efectos de la temperatura y humedad relativa, así como los protocolos de limpieza y desinfección con la presencia de agentes patógenos en diez salas del Hospital El Progreso.	Protocolos de limpieza y desinfección Tipos de agentes patógenos	Entrevistas Encuestas
					Programación

Título	Problema de investigación	Preguntas de investigación	Objetivos	Variables	Metodología y herramientas
		Específicas	Específicos	Independientes	
		¿Qué tipos de agentes patógenos se pueden identificar en las salas seleccionadas en base a las tecnologías de climatización empleadas y el análisis de satisfacción del personal?	Analizar los agentes patógenos identificados, la tecnología de climatización que se emplea en el hospital y las entrevistas realizadas al personal médico en las diez salas seleccionadas.	Tecnologías de climatización	
		¿El incumplimiento de los rangos de humedad relativa y temperatura establecidos por la ASHRAE 170 se relaciona con la presencia de agentes infecciosos en las superficies del ambiente hospitalario?	Verificar los niveles de temperatura y humedad relativa en las diez salas del hospital según los rangos y lineamientos establecidos por la normativa ASHRAE 170-13.	Tipo de sala o servicio hospitalario	Extracción de datos

Fuente: (Autoría propia, 2022)

4.9 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La matriz de operacionalización de las variables (Tabla 10) permitió relacionar las variables de estudio con los objetivos, de manera que, se pudo comprender y conocer su naturaleza mediante la aplicación de métodos, dimensiones e indicadores que brindaron información verídica para sustentar el presente estudio.

Tabla 10. Operacionalización de las variables

Objetivo General	Variable dependiente	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Estudiar la relación entre las variables de climatización de temperatura y humedad relativa con respecto a la presencia de agentes patógenos en diez salas del Hospital El Progreso.	Estudio sobre el efecto de la temperatura y humedad relativa en la presencia de agentes patógenos.	Identificar si existe una relación entre la temperatura y humedad relativa con el crecimiento de agentes patógenos en las superficies.	Climatización	Medición instrumental
			Microorganismos	Muestreo bacteriológico
Objetivos Específicos	Variables independientes	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Conocer los efectos de la temperatura y humedad relativa, así como los protocolos de limpieza y desinfección con la presencia de agentes patógenos en diez salas del Hospital El Progreso.	Protocolos de limpieza y desinfección	Efectos que tiene la climatización, la limpieza y desinfección en cada sala o servicio hospitalario seleccionado.	Climatización	Observaciones
	Tipos de agentes patógenos			Asepsia
	Tecnologías de climatización		Servicios hospitalarios	Medición instrumental
	Tipo de sala o servicio hospitalario			

Objetivos Específicos	Variables independientes	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Analizar los agentes patógenos identificados, la tecnología de climatización que se emplea en el hospital y las entrevistas realizadas al personal médico en las diez salas seleccionadas.	Protocolos de limpieza y desinfección	Cantidad de microorganismos identificados en las salas.	Tecnologías de climatización	Observaciones
	Tipos de agentes patógenos	Tipos de tecnologías de climatización empleadas en el hospital.	Agentes patógenos Satisfacción del personal	Entrevistas Encuestas Análisis de cultivos bacteriológicos
Verificar los niveles de temperatura y humedad relativa en las diez salas del hospital según los rangos y lineamientos establecidos por la normativa ASHRAE 170-13.	Tecnologías de climatización	Cumplimiento de la normativa de ventilación de instalaciones para atención médica.	Normativa ASHRAE 170-13	Lineamientos de normativa
	Tipo de sala o servicio hospitalario		Rangos de climatización Margen de tolerancia	Recopilación de datos

Fuente: (Autoría propia, 2022)

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se estarán evaluando los resultados obtenidos a partir de la metodología de estudio realizada en el transcurso de todo el proyecto de investigación.

5.1 TECNOLOGÍAS DE CLIMATIZACIÓN UTILIZADAS

Se realizó una entrevista al jefe del departamento de mantenimiento del Hospital El Progreso con el objetivo de registrar las tecnologías de climatización utilizadas. Se encontró que el hospital utilizaba minisplits, aires acondicionados de rejilla de ventana y ventilación natural como tecnologías para la climatización y ventilación de sus salas.

En la misma entrevista, se dio a conocer que el hospital contaba con una red de ventilación central, la cual dejó de funcionar a causa de daños internos. Esta red central incluía filtros HEPA que cumplían con los requisitos de filtración establecidos por la normativa ASHRAE 170-13. Debido a la falla que presentó la central, el hospital optó por adquirir tecnologías de climatización como minisplits, sin embargo, estos no poseían filtros HEPA o ULPA para proporcionar un nivel de filtración de aire adecuado para cada tipo de sala.

Se registró que el hospital contaba con 140 unidades de minisplits distribuidos por todos sus espacios clínicos y no clínicos. La potencia de los minisplits era de 12,000 BTU para aires pequeños y 60,000 BTU con 5 toneladas de capacidad de extracción calorífica para aires más grandes.

La mayoría de las salas del hospital utilizaban minisplits grandes (60,000 BTU) de la marca Comfort Star y modelo series Seer 13 (Ilustraciones 21 y 22). Mientras que, en las salas pequeñas se utilizaban minisplits de menor tamaño y capacidad de refrigeración (12,000 BTU) (Ilustración 23).



Ilustración 21. Minisplit de 60,000 BTU en Quirófano de Cirugía Laparoscópica

Fuente: (Autoría propia, 2022)



Ilustración 22. Minisplit de 60,000 BTU en Labor y Parto

Fuente: (Autoría propia, 2022)



Ilustración 23. Minisplit de 12,000 BTU en consultorio de Consulta Externa

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Es importante destacar que la mayoría de las salas de hospitalización de cirugía no contaban con ninguna tecnología de climatización que permitiera regular la temperatura en la que se encontraba el paciente en recuperación. Al no existir ninguna tecnología de climatización en estas salas, la probabilidad de crecimiento bacteriano era mayor, ya que, las salas se mantenían a temperatura y humedad ambiente (Ilustración 24). Dichas condiciones, incidían positivamente en la presencia de agentes patógenos en estas salas.

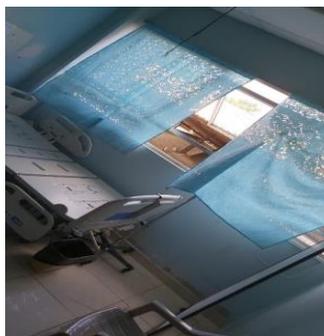


Ilustración 24. Ventilación natural en Hospitalización de Cirugía

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Por otra parte, existían espacios dentro de las salas de hospitalización de cirugía que contaban con aires acondicionados de rejilla de ventana (Ilustración 25). Este tipo de tecnología de climatización era antigua y no ofrecía un nivel de climatización eficiente. Del mismo modo, estos aires no tenían una alta capacidad de refrigeración como los minisplits instalados en diversas salas del hospital. En este sentido, esta tecnología no era apropiada dentro del diseño de un sistema de ventilación de instalaciones médicas.



Ilustración 25. Aires acondicionados de rejilla de ventana en Hospitalización de Cirugía

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Se enlistaron las diferentes tecnologías de climatización instaladas y utilizadas en cada una de las diez salas del Hospital El Progreso. De igual manera, se identificó la capacidad de extracción calorífica (únicamente si aplicaba) que poseían estas tecnologías y la cantidad que se encontraban por cada sala seleccionada para el estudio (Tabla 11).

Tabla 11. Registro de tecnologías de climatización utilizadas en cada sala

Sala del hospital	Cantidad	Capacidad
Emergencia Medicina Interna	2 Minisplits	60,000 BTU
Emergencia Ortopedia/Cirugía	Ventilación natural	N/A
Emergencia Pediatría	2 Minisplits	60,000 BTU
	2 Minisplits	12,000 BTU
3 Quirófanos Generales	1 Minisplit / Qx	60,000 BTU
	Ventilación natural	N/A
Hospitalización de Cirugía	2 AC de rejilla de ventana	N/A
	1 Minisplit	12,000 BTU
2 Consultorios de Consulta Externa	1 Minisplit / Consultorio	12,000 BTU
Labor y Parto	4 Minisplits	60,000 BTU
	5 Minisplits	12,000 BTU

Fuente: (Autoría propia, 2022)

5.2 MEDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

El tiempo de lectura y la cantidad de muestras de temperatura y humedad relativa tomadas dentro de cada una de las diez salas del Hospital El Progreso se vieron limitados debido al acceso riguroso que presentaron estas salas al ser áreas críticas y semi-críticas.

En la sala de Labor y Parto se midieron las variables de humedad relativa y temperatura, se obtuvieron 24 muestras a partir del sensor DHT22 (Ilustración 26).

Se presentaron complicaciones al momento de recopilar las medidas de las variables de climatización. Esto se debió a que, la sala contaba con pacientes mujeres embarazadas en etapa avanzada de parto. Por lo que, no se permitía el ingreso de personal no autorizado y únicamente se recopilaron las medidas en un breve periodo de tiempo.

La media de la temperatura de la sala fue de 27.27 grados Celsius. El valor medio de temperatura contrastó en un 13% con los valores máximos de temperatura establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 en salas de parto (Tabla 5).

Por otra parte, la media obtenida de la humedad relativa fue de 69.32%. El valor medio de humedad relativa contrastó en un 14% con el valor máximo de humedad relativa estipulado en la normativa ASHRAE 170-13 en salas de parto (Tabla 5).

Por lo tanto, se pudo verificar que la sala de Labor y Parto del Hospital El Progreso no cumplía con los requisitos de diseño de sistemas de ventilación de instalaciones médicas referentes a las variables de humedad relativa y temperatura.

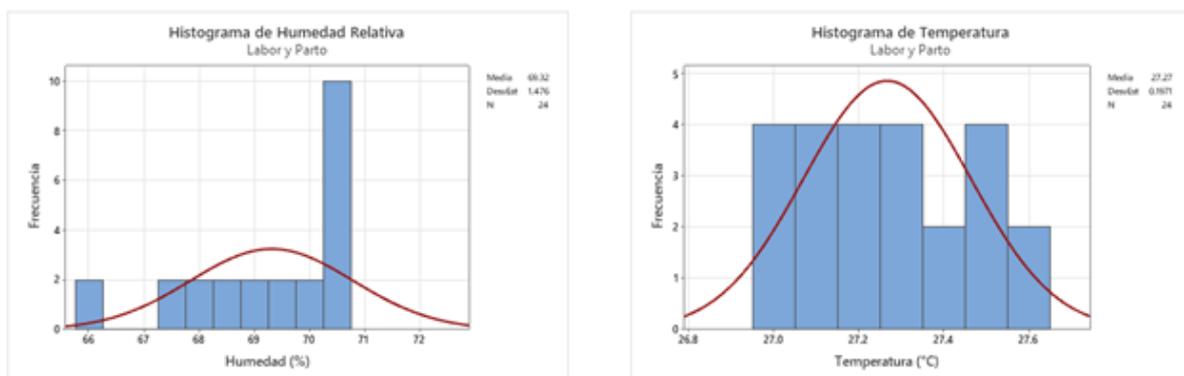


Ilustración 26. Histograma de variables climatológicas: Labor y parto

Fuente: (Autoría propia, 2022)

En la sala de Emergencia de Medicina Interna se obtuvieron 329 muestras a partir del sensor DHT22 (Ilustración 27).

La media de la temperatura medida fue de 25.69 grados Celsius y la media de la humedad relativa fue de 61.04%.

El valor medio de temperatura contrastó en un 7% con los valores máximos de temperatura establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 para salas de emergencia (Tabla 5). Mientras que el valor medio de humedad relativa contrastó en un -6% con los valores máximos de humedad relativa permitidos.

Tomando como referencia lo anterior, se pudo comprobar que la sala de Emergencia de Medicina Interna del Hospital El Progreso no cumplía con los requisitos de diseño de sistemas de ventilación de instalaciones médicas referentes a las variables de humedad relativa y temperatura.

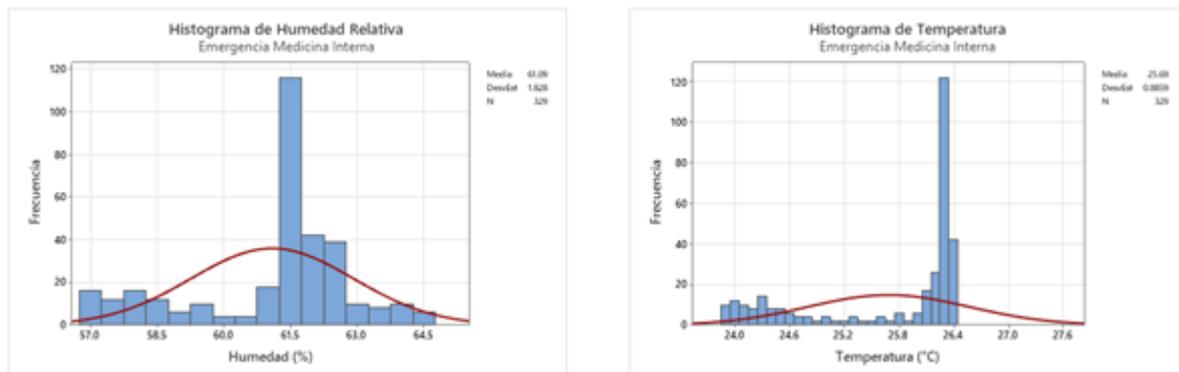


Ilustración 27. Histograma de variables climatológicas: Emergencia Medicina Interna

Fuente: (Autoría propia, 2022)

En la sala de Emergencia de Ortopedia y Cirugía se obtuvieron 187 muestras a partir del sensor DHT22.

La media de la temperatura medida fue de 27.33 grados Celsius y la media de la humedad relativa fue de 62.77% (Ilustración 28).

El valor medio de temperatura diferenció en un 13% con respecto a los valores máximos de temperatura estipulados en la norma ASHRAE 170-13 para salas de emergencia (Tabla 5).

De igual manera, la media obtenida de humedad relativa contrastaba en un 5% con los valores máximos de humedad relativa establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 (Tabla 5).

Por lo tanto, se pudo determinar que la sala de Emergencia de Ortopedia y Cirugía del Hospital El Progreso no cumplía con los requisitos de diseño de sistemas de ventilación de instalaciones médicas referentes a las variables de humedad relativa y temperatura.

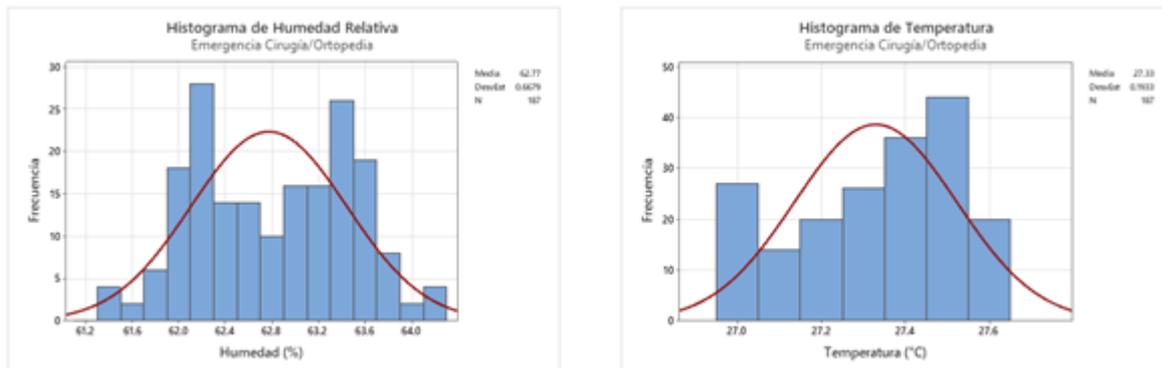


Ilustración 28. Histograma de variables climatológicas: Emergencia Cirugía/Ortopedia

Fuente: (Autoría propia, 2022)

En Emergencia Pediátrica se obtuvieron 460 muestras a partir de las mediciones realizadas con el sensor DHT22 (Ilustración 29).

La media obtenida de la temperatura fue de 25.44 grados Celsius, variando en un 6% con respecto a la tolerancia máxima permitida establecida en la normativa ASHRAE 170-13 para salas de emergencia.

Por otro lado, la media de la humedad relativa fue de 68.52%. Este porcentaje contrastó en un 5% con respecto a los valores máximos de humedad relativa establecidos en la normativa ASHRAE 170-13 para salas de emergencia. (Tabla 5).

De modo que, se pudo comprobar que la sala de Emergencia Pediátrica del Hospital El Progreso no cumplía con los estándares de diseño de sistemas de ventilación de instalaciones médicas referentes a las variables de climatización de temperatura y humedad relativa.

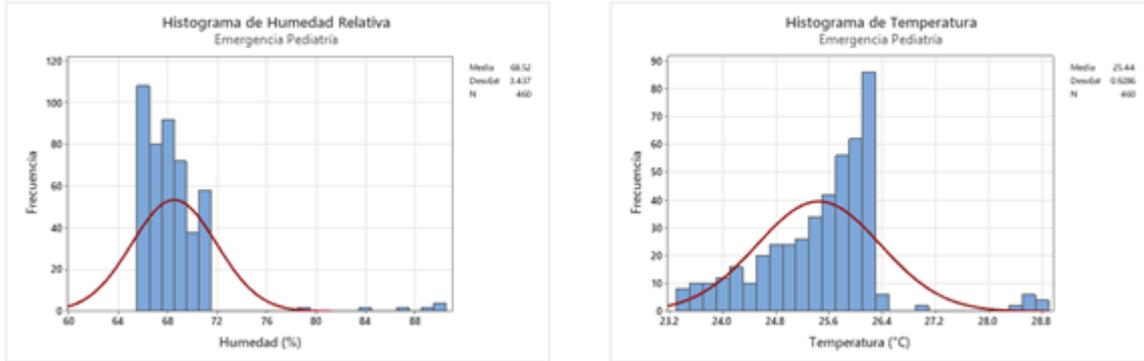


Ilustración 29. Histograma de variables climatológicas: Emergencia pediátrica

Fuente: (Autoría propia, 2022)

En el consultorio 1 de Consulta Externa se obtuvieron 24 muestras a partir del sensor DHT22.

Durante la toma de muestras en esta sala, se presentaron algunos inconvenientes. En primer lugar, el médico que se encontraba en el consultorio se mantenía constantemente atendiendo pacientes, dificultando el ingreso ininterrumpido a la sala. Por otra parte, cuando la sala ya se encontraba despejada, el jefe encargado de la unidad no permitía el ingreso prolongado debido a una posible acumulación en el flujo de pacientes. Por lo que, se recopilaron pocas muestras debido al poco tiempo de muestreo.

La media de la temperatura obtenida fue de 22.13 grados Celsius y la media de la humedad relativa fue de 63.22% (Ilustración 30).

El valor medio de temperatura contrastó en un -8% con respecto a los valores máximos de temperatura establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 para salas del cuidado de pacientes (Tabla 5).

El valor medio de humedad relativa tuvo una varianza del 5% con los valores máximos de humedad relativa establecidos en la norma ASHRAE 170-13 para salas del cuidado de pacientes. (Tabla 5).

Por lo tanto, se pudo determinar que el consultorio 1 de Consulta Externa del Hospital El Progreso no cumplía con los requisitos de diseño de sistemas de ventilación de instalaciones médicas. Sin embargo, la media de temperatura en la sala no superó el valor máximo, pero si se incumplía en el rango de humedad relativa.

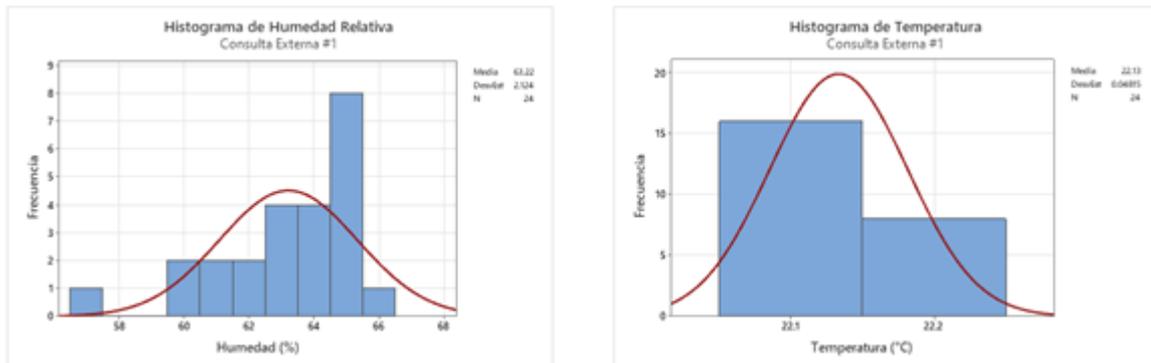


Ilustración 30. Histograma de variables climatológicas: Consulta Externa 1

Fuente: (Autoría propia, 2022)

En el consultorio 2 de Consulta Externa se obtuvieron 354 muestras a partir del sensor DHT22.

A diferencia del consultorio previo, en esta sala no hubo problemas para la toma de muestras de las variables climatológicas. El médico encargado facilitó el acceso para poder recopilar una mayor cantidad de datos.

La media de la temperatura medida fue de 24.69 grados Celsius y la media de la humedad relativa fue de 61.70% (Ilustración 31).

El valor medio de temperatura contrastó en un 3% con los valores máximos de temperatura establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 en salas de pacientes (Tabla 5).

Mientras que, el valor medio de humedad relativa contrastó en un 3% con respecto a los valores máximos de humedad relativa establecidos en la normativa para salas de pacientes (Tablas 5).

De tal forma que, se pudo comprobar que el consultorio 2 de Consulta Externa del Hospital El Progreso no cumplía con los requisitos de diseño de sistemas de ventilación de instalaciones médicas referentes a las variables de humedad relativa y temperatura.

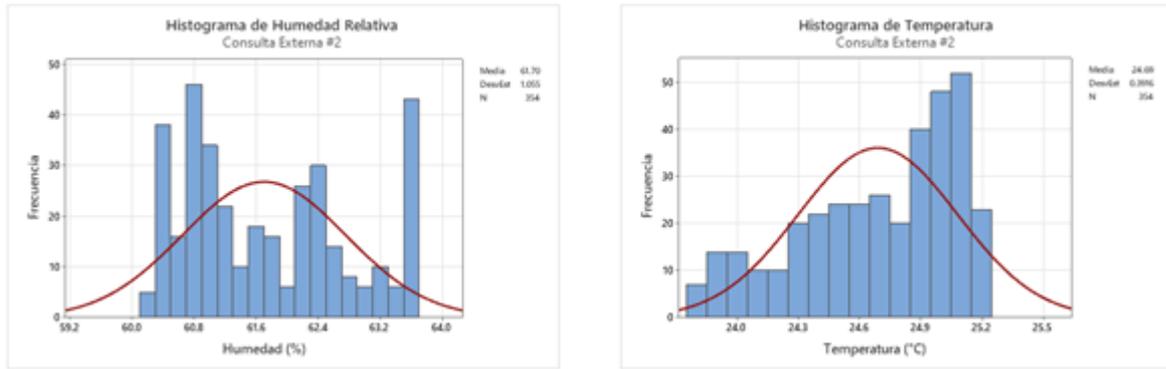


Ilustración 31. Histograma de variables climatológicas: Consulta Externa 2

Fuente: (Autoría propia, 2022)

En la sala de Hospitalización de Cirugía se obtuvieron 286 muestras a partir del sensor DHT22.

Según los datos obtenidos, la media de la temperatura obtenida en la sala fue de 29.01 grados Celsius y la media de la humedad relativa fue de 70.64% (Ilustración 32).

El rango máximo de temperatura para salas de recuperación establecido en la normativa ASHRAE 170-13 (Tabla 5) indicó que la media obtenida contrastó en un 19%. Mientras que el valor medio de humedad tuvo una varianza del 16% con respecto al rango máximo permitido.

De tal manera que, se pudo comprobar que la sala de Hospitalización de Cirugía del Hospital El Progreso no cumplió con los requisitos de diseño de sistemas de ventilación de instalaciones médicas referentes a las variables de climatización de temperatura y humedad relativa.

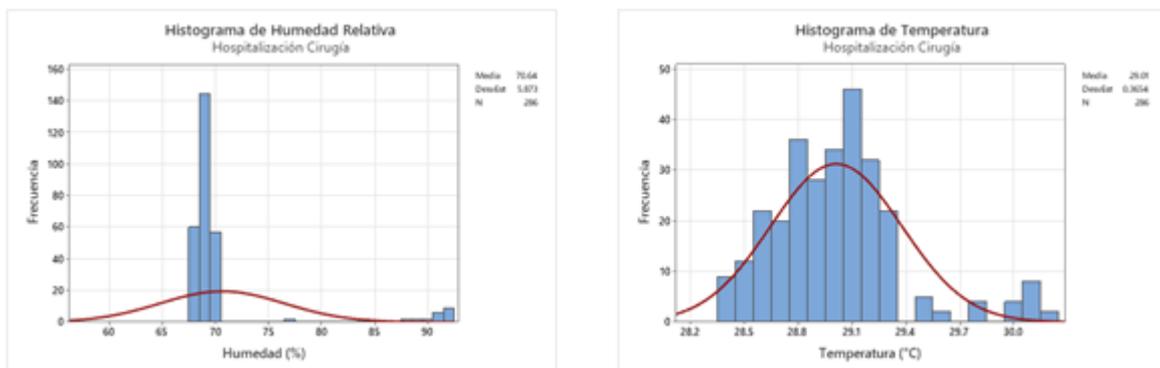


Ilustración 32. Histograma de variables climatológicas: Hospitalización Cirugía

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Los datos obtenidos en el primer Quirófano reflejaron que la media de la temperatura obtenida fue de 28.6 grados Celsius y la media de la humedad relativa fue de 63.75%. Estas mediciones se obtuvieron a partir de 17 muestras realizadas con el sensor DHT22 (Ilustración 33).

El valor obtenido de la temperatura varió en un 17% con respecto a los valores máximos de temperatura establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 para quirófanos clase B y C (Cirugías menores y de alta complejidad) (Tabla 5).

De igual manera, el valor medio de humedad relativa contrastó en un 6% con los valores máximos de humedad relativa establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 para quirófanos clase B y C (Tabla 5).

Por lo tanto, se pudo verificar que la sala de Quirófano 1 del Hospital El Progreso no cumplía con los requisitos de diseño de sistemas de ventilación de instalaciones médicas referentes a las variables de humedad relativa y temperatura.

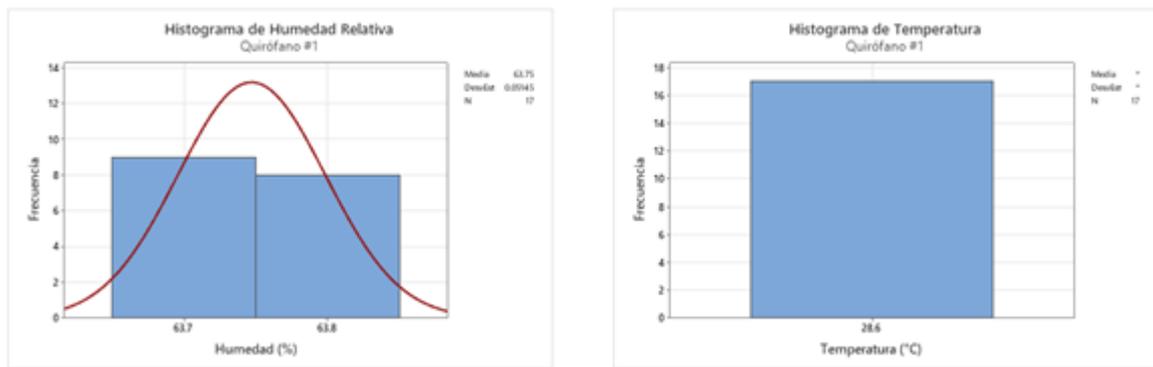


Ilustración 33. Histograma de variables climatológicas: Quirófano 1

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Los datos obtenidos en el segundo Quirófano reflejaron que la media de la temperatura obtenida fue de 27.99 grados Celsius y la media de la humedad relativa fue de 68.57%. Estas mediciones se obtuvieron a partir de 35 muestras realizadas con el sensor DHT22 (Ilustración 34).

El valor obtenido de la temperatura varió en un 15% con respecto a los valores máximos de temperatura establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 para quirófanos clase B y C (Cirugías menores y de alta complejidad) (Tabla 5).

De igual manera, el valor medio de humedad relativa contrastó en un 13% con los valores máximos de humedad relativa establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 para quirófanos clase B y C (Tabla 5).

Por lo tanto, se pudo verificar que la sala de Quirófano 2 del Hospital El Progreso no cumplía con los requisitos de diseño de sistemas de ventilación de instalaciones médicas referentes a las variables de humedad relativa y temperatura

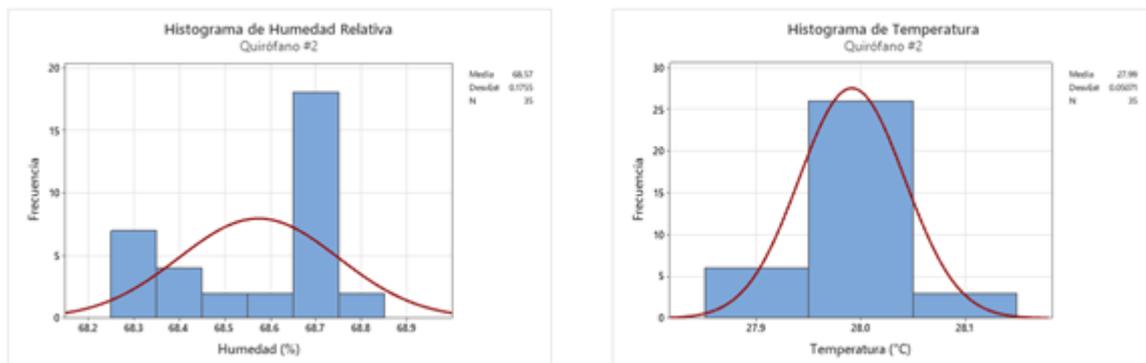


Ilustración 34. Histograma de variables climatológicas: Quirófano 2

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Finalmente, los datos obtenidos en el tercer Quirófano reflejaron que la media de la temperatura obtenida fue de 27.92 grados Celsius y la media de la humedad relativa fue de 67.15%. Estas mediciones se obtuvieron a partir de 22 muestras realizadas con el sensor DHT22 (Ilustración 35).

El valor obtenido de la temperatura varió en un 15% con respecto a los valores máximos de temperatura establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 para quirófanos clase B y C (Cirugías menores y de alta complejidad) (Tabla 5).

De igual manera, el valor medio de humedad relativa contrastó en un 11% con los valores máximos de humedad relativa establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 para quirófanos clase B y C (Tabla 5).

Por lo tanto, se pudo verificar que la sala de Quirófano 3 del Hospital El Progreso no cumplía con los requisitos de diseño de sistemas de ventilación de instalaciones médicas referentes a las variables de humedad relativa y temperatura.

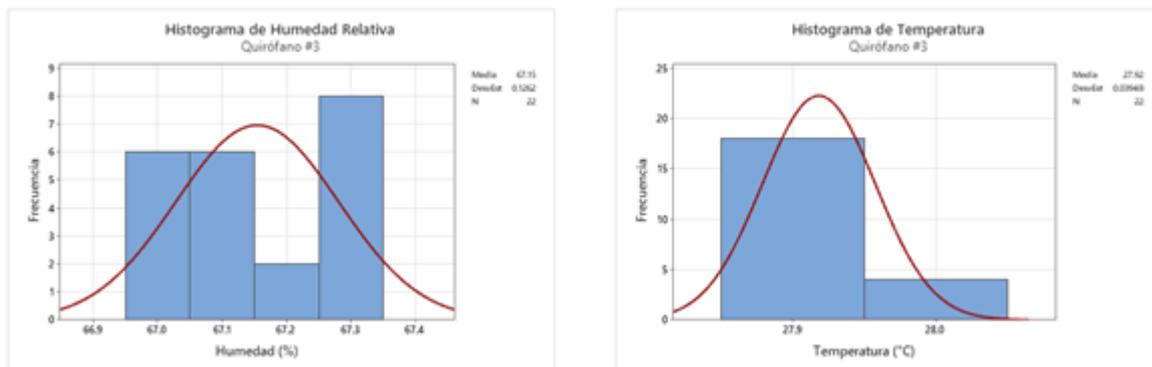


Ilustración 35. Histograma de variables climatológicas: Quirófano 3

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Cabe destacar que las mediciones obtenidas a partir de los datos de los tres quirófanos (Ilustraciones 33, 34 y 35) se vieron limitadas. Esto fue debido a que, en estas salas los protocolos que tenían para acceder eran sumamente rigurosos. Teniendo en cuenta que un quirófano debe mantenerse lo más estéril posible, el acceso a personal que no fuera de esta área se veía limitado.

De manera que no se pudo realizar una toma extensa de las variables climatológicas por el tiempo que el jefe del área permitiera estar.

5.3 ANÁLISIS DE CULTIVOS BACTERIOLÓGICOS

5.3.1 ANÁLISIS DE LA PRIMERA RONDA DE MUESTRAS

La primera ronda de muestras se llevó a cabo el 29 de octubre de 2022 en un horario entre 9:00 am – 12:00 pm. Se realizaron 30 muestras totales en este primer turno, en donde se recolectaron tres muestras por sala en superficies inertes como ser paredes, camillas y perillas (o puertas en caso de no haber una perilla).

Las muestras bacteriológicas tomadas en superficies interés (camillas, perillas y paredes) fueron cultivadas en condiciones especiales generadas por los equipos de laboratorio clínico del Hospital El Progreso. A partir del cultivo de las muestras microbiológicas, se enlistaron los agentes patógenos encontrados en cada una de las diez salas del Hospital El Progreso (Tabla 12). Se pudo identificar el crecimiento de microorganismos en cada una de

las superficies donde se tomaron las muestras microbiológicas superficiales mediante el método del escobillón estéril (Sección 3.5.2).

Tabla 12. Análisis del crecimiento de agentes patógenos en las superficies (9:00am – 12:00pm)

Sala del hospital	Fómites	Resultado
Quirófano 1	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 1	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 1	Pared	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Quirófano 2	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 2	Perilla	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Quirófano 2	Pared	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Quirófano 3	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 3	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 3	Pared	No hubo crecimiento bacteriano
Hospitalización Cirugía	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano
Hospitalización Cirugía	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Hospitalización Cirugía	Pared	No hubo crecimiento bacteriano
Labor y Parto	Camilla	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Labor y Parto	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Labor y Parto	Pared	No hubo crecimiento bacteriano
Emergencia Medicina Interna	Camilla	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Emergencia Medicina Interna	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Emergencia Medicina Interna	Pared	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo Se aisló Bacillus spp
Emergencia Cirugía/Ortopedia	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano

Sala del hospital	Fómites	Resultado
Emergencia Cirugía/Ortopedia	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Emergencia Cirugía/Ortopedia	Pared	No hubo crecimiento bacteriano
Emergencia Pediatría	Camilla	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo Se aisló Citrobacter Freundii
Emergencia Pediatría	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Emergencia Pediatría	Pared	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Consulta Externa 1	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano
Consulta Externa 1	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Consulta Externa 1	Pared	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Consulta Externa 2	Camilla	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Consulta Externa 2	Perilla	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Consulta Externa 2	Pared	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo

Fuente: (LM. Progreso, 2022)

De las diez salas seleccionadas para el estudio, siete presentaron crecimiento bacteriano en al menos una de sus superficies. La cantidad de muestras que presentaron crecimiento bacteriano fue de 12 con respecto a las 30 totales en el horario definido. Dentro de las salas que presentaron crecimiento cabe destacar el quirófano 1 y 2, los cuales requieren niveles de asepsia altos.

Así mismo, en las superficies de Emergencia de Medicina Interna y Emergencia Pediátrica se pudo identificar el crecimiento de dos especies bacterianas en una misma muestra superficial. Por último, los consultorios de Consulta Externa presentaron crecimientos bacterianos en la mayoría de las superficies muestreadas.

La superficie con mayor nivel de presencia de agentes patógenos en el horario de 9:00 am – 12:00 pm fueron las paredes con un 20% (n=6), seguido de las camillas con un 13% (n=4) y finalmente las perillas/puertas con un 7% (n=2). El 60% (n=30) de las muestras recolectadas no presentaron crecimiento bacteriano (Ilustración 36).

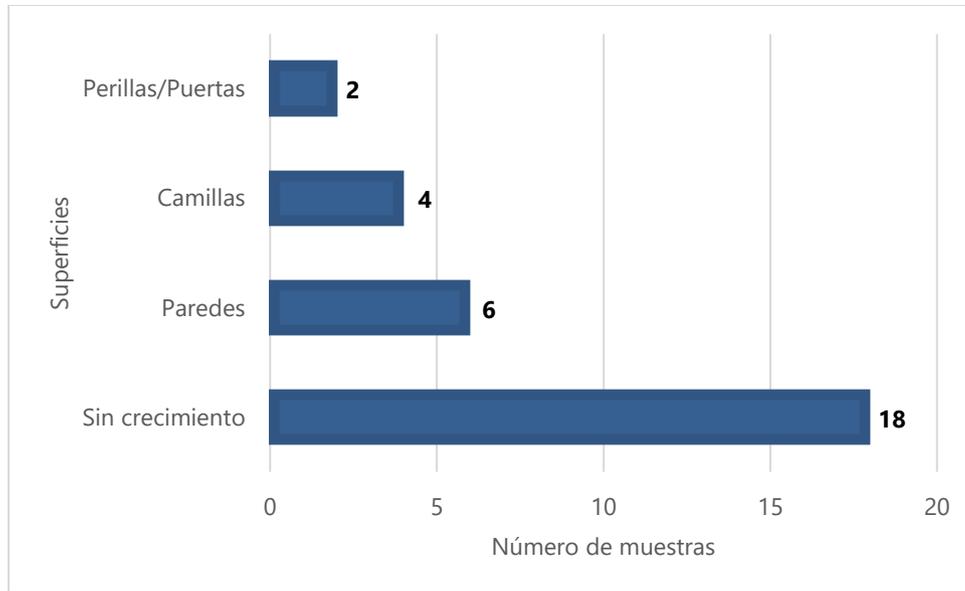


Ilustración 36. Análisis del crecimiento de cultivos bacteriológicos en las superficies (9:00AM – 12:00PM)

Fuente: (Autoría propia, 2022)

5.3.2 ANÁLISIS DE LA SEGUNDA RONDA DE MUESTRAS

La segunda ronda de muestras se llevó a cabo el 2 de noviembre de 2022 en un horario entre 1:00 pm – 3:00 pm. Se realizaron 30 muestras totales al igual que en el primer turno para analizar y comparar los datos obtenidos y determinar si hubo una mejoría o empeoramiento de la asepsia en el hospital. El muestreo en superficies inertes se mantuvo en paredes, camillas y perillas (o puertas en caso de no haber una perilla).

De las 10 salas seleccionadas para el estudio, 5 presentaron crecimiento bacteriano en al menos una de sus superficies en el horario entre 1:00 pm – 3:00 pm (Tabla 13). La cantidad de muestras que presentaron crecimiento bacteriano se redujo a 10 con respecto a la primera toma de muestras. La presencia de agentes patógenos se refleja mediante tres especies identificadas de bacterias al igual que en el horario matutino.

Tabla 13. Análisis del crecimiento de agentes patógenos en las superficies (1:00pm – 3:00pm)

Sala del hospital	Fómites	Resultado
Quirófano 1	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 1	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 1	Pared	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 2	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 2	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 2	Pared	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 3	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 3	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Quirófano 3	Pared	No hubo crecimiento bacteriano
Hospitalización Cirugía	Camilla	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Hospitalización Cirugía	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Hospitalización Cirugía	Pared	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Labor y Parto	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano
Labor y Parto	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Labor y Parto	Pared	No hubo crecimiento bacteriano
Emergencia Medicina Interna	Camilla	No hubo crecimiento bacteriano
Emergencia Medicina Interna	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Emergencia Medicina Interna	Pared	No hubo crecimiento bacteriano
Emergencia Cirugía/Ortopedia	Camilla	Se aisló Citrobacter Freunddi
Emergencia Cirugía/Ortopedia	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Emergencia Cirugía/Ortopedia	Pared	Se aisló Citrobacter Freunddi
Emergencia Pediatría	Camilla	Se aisló Citrobacter Freunddi
Emergencia Pediatría	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano

Sala del hospital	Fómites	Resultado
Emergencia Pediatría	Pared	Se aisló Citrobacter Freunddi
Consulta Externa 1	Camilla	Se aisló Enterobacter Haffnia
Consulta Externa 1	Perilla	Se aisló Staphylococcus Coagulosa Negativo
Consulta Externa 1	Pared	Se aisló Citrobacter Freunddi
Consulta Externa 2	Camilla	Se aisló Citrobacter Freunddi
Consulta Externa 2	Perilla	No hubo crecimiento bacteriano
Consulta Externa 2	Pared	No hubo crecimiento bacteriano

Fuente: (LM. Progreso, 2022)

En la segunda toma de muestras se obtuvo una menor presencia de agentes patógenos que en la primera ronda. Destacando los tres quirófanos, los cuales para el segundo análisis no presentaron acumulación de microorganismos.

Mientras que, dentro de las salas de Hospitalización de Cirugía, Emergencia de Ortopedia/Cirugía y Emergencia Pediátrica se presentó crecimiento bacteriano en las superficies como paredes y camillas, las cuales, antes no se habían presentado.

Cabe destacar que las salas de Consulta Externa continuaron presentando crecimiento bacteriano en al menos una de sus superficies. Por lo que, en ambos horarios seleccionados para el estudio, presentaron crecimiento de agentes patógenos.

Por otra parte, el Quirófano 3 fue el único departamento donde no se presentó crecimiento de agentes patógenos en las superficies en ninguno de los dos horarios en que se realizaron las muestras. Siendo este, el área con mayor cumplimiento de la asepsia de las diez seleccionadas.

La superficie con mayor nivel de presencia de microorganismos patógenos en el horario entre 1:00 pm – 3:00 pm fueron las camillas con un 17% (n=5), seguido de las paredes con un 13% (n=4) y finalmente las perillas/puertas con un 3% (n=1). El 67% (n=20) de las muestras recolectadas no presentaron crecimiento bacteriano (Ilustración 37).

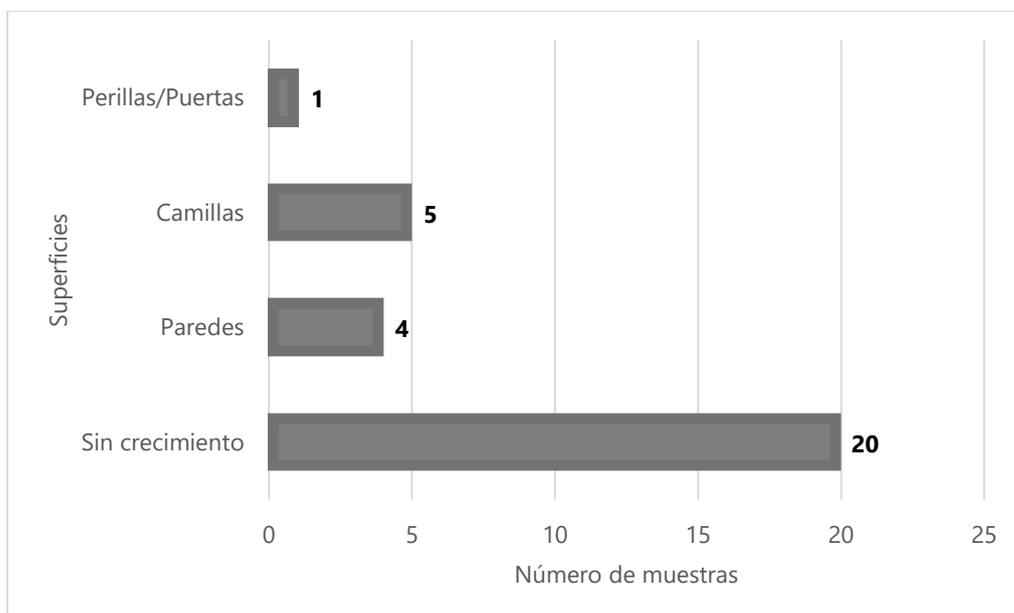


Ilustración 37. Análisis del crecimiento de cultivos bacteriológicos en las superficies (1:00PM – 3:00PM)

Fuente: (Autoría propia, 2022)

5.3.3 ANÁLISIS DEL MUESTREO TOTAL

La superficie con mayor nivel de presencia de microorganismos patógenos al momento de analizar el total de las muestras recopilados fueron las paredes con un 17% (n=10), seguido de las camillas con un 15% (n=9) y finalmente las perillas/puertas con un 5% (n=3). El 63% (n=38) de las muestras recolectadas no presentaron crecimiento bacteriano (Ilustración 38).

Por lo tanto, la mayoría de las muestras presentaron resultados negativos con respecto al crecimiento de agentes patógenos dentro de las salas. No obstante, las especies que se encontraban en paredes y camillas suponen un riesgo para la salud de los pacientes, personal y visitantes. Siendo estas las superficies donde se encontró mayor crecimiento de bacterias y hongos.

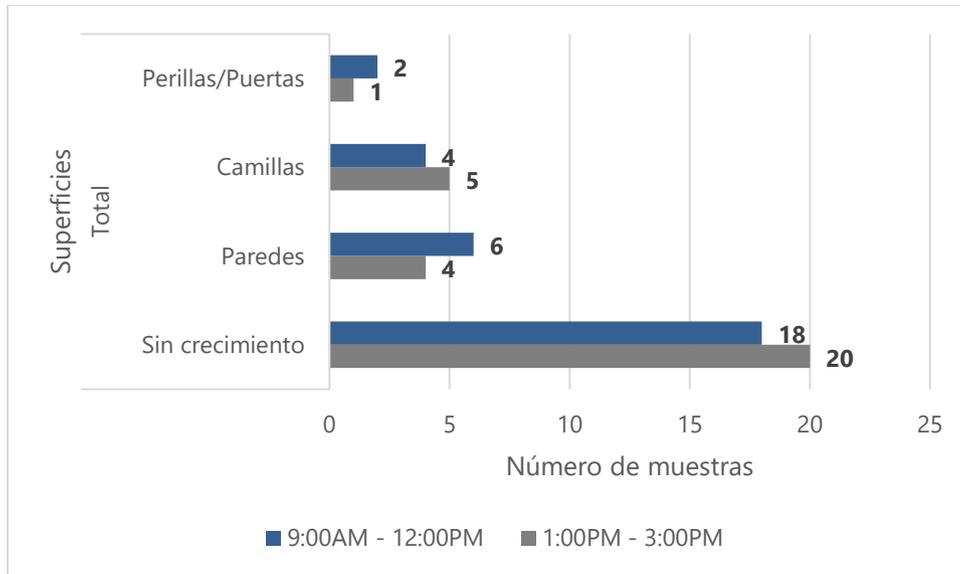


Ilustración 38. Análisis del crecimiento de cultivos bacteriológicos en las superficies (Total de muestras)

Fuente: (Autoría propia, 2022)

En general, se aislaron 4 especies de bacterias dentro de las cuales se encontraban las siguientes:

- Staphylococcus Coagulasa Negativa
- Enterobacter Haffnia
- Bacillus spp
- Citobacter Freunddi

La especie de bacteria que presentó mayor crecimiento en las salas seleccionadas del Hospital El Progreso fue el Staphylococcus coagulosa negativo con un 24% (n=15) del total de muestras realizadas. Seguido del Citrobacter Freunddi con 11% (n=7). Por último, las especies Bacillus spp y Enterobacter Haffnia presentaron un 2% (n=1) con respecto a la presencia del crecimiento de estos microorganismos. Del número total de muestras realizadas (n=60), se obtuvo que en el 61% de las superficies no se presentó crecimiento de ninguna de estas bacterias identificadas (Ilustración 39).

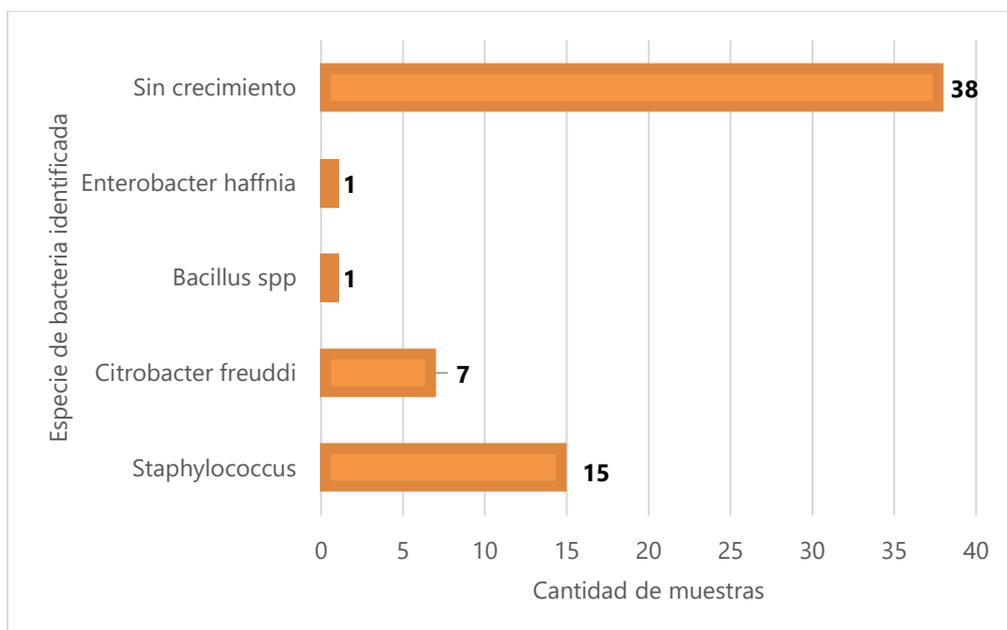


Ilustración 39. Niveles de presencia de agentes patógenos

Fuente: (Autoría propia, 2022)

La identificación de las cuatro especies de bacterias aisladas se dio en la mayoría de las superficies inertes de las salas seleccionadas del hospital. Siendo el *Staphylococcus Coagulosa Negativo* el que presentó mayor presencia en todas las superficies (n=15), de las cuales se dividen 7 en paredes, 5 en camillas y 3 en perillas/puertas. Seguido del *Citrobacter Freunddi* (n=7) con presencia en 3 paredes y 4 camillas. Finalmente, hubo crecimiento poco destacable de *Bacillus spp* y *Enterobacter Haffnia* (n=1). No obstante, estas fueron ubicadas en una pared y una camilla respectivamente (Ilustración 40).

El análisis y la identificación de las especies encontradas en cada una de las salas se realizó por parte del personal del laboratorio de microbiología del Hospital El Progreso. Se implementaron equipos como la refrigeradora de laboratorio (Ilustración 5) para resguardar el estado nutricional de los cultivos. Esto con el fin de preservarlas hasta tener un espacio libre para analizar el número total de muestras enviadas (n=60), debido a que, los resultados de laboratorio toman alrededor de siete días laborales.

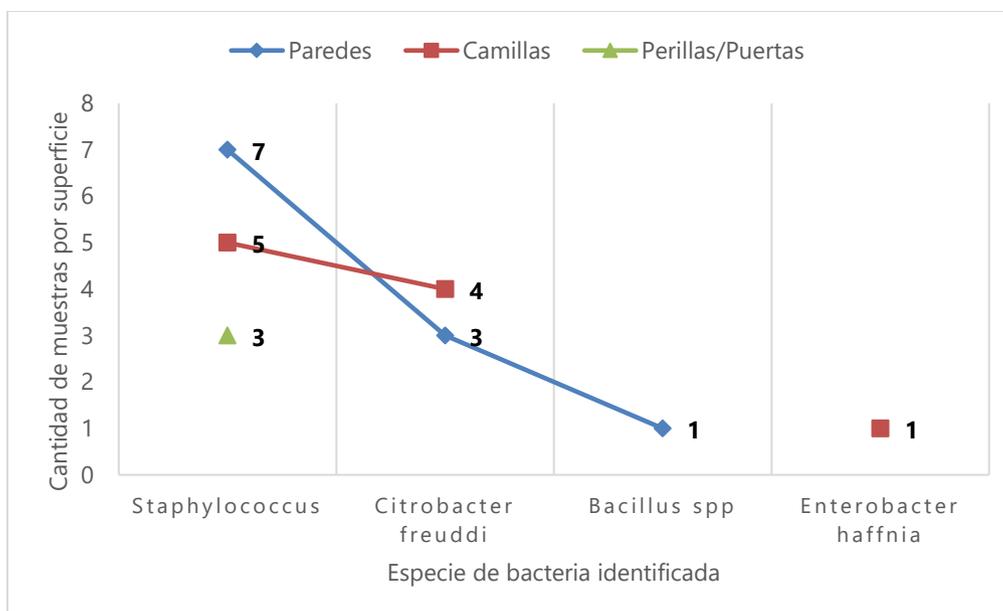


Ilustración 40. Prevalencia de agentes patógenos en superficies inertes

Fuente: (Autoría propia, 2022)

5.4 VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA ASHRAE 170-13

Según la normativa ASHRAE 170-13, de las 10 salas sometidas a evaluación, ninguna cumplía con los estándares y lineamientos de climatización en instalaciones de atención médica correspondiente a los rangos establecidos de las variables de temperatura y humedad relativa (Tabla 14).

Sin embargo, la sala de Emergencia de Medicina Interna incumple solamente el rango máximo de temperatura al sobrepasar este por 1.69 grados Celsius. Según la normativa, los rangos de temperatura pueden sobrepasar o estar debajo de los rangos establecidos cuando se necesite una temperatura determinada en dicha sala de manera justificada y que no afecte la comodidad del paciente (Sección 3.8.1).

Por lo que, la sala de Emergencia de Medicina Interna se podría tomar en cuenta como posible área de cumplimiento siguiendo con el rango de tolerancia permitido por la normativa ASHRAE 170-13. Esto aplica exclusivamente en el caso de la variable de temperatura.

De igual manera, el departamento de Emergencia de Ortopedia/Cirugía permanece dentro de los intervalos máximos de humedad relativa. No obstante, esta sala presentó crecimiento de hongos superficiales en paredes (Sección 5.4.1), por lo que, se necesitaría de

estudios posteriores para afirmar una posible inclusión dentro del cumplimiento de la normativa.

Tabla 14. Verificación del cumplimiento de las condiciones climatológicas en las diez salas seleccionadas según ASHRAE

Sala del hospital	Función del espacio según ASHRAE	Humedad relativa del diseño (%) según ASHRAE	Temperatura del diseño (°C) según ASHRAE	Humedad relativa media (%)	Temperatura media (°C)	¿Se cumplen las condiciones?
Consulta Externa 1	Sala de pacientes	60 máx.	20 – 24	63.22	22.13	NO CUMPLE
Consulta Externa 2	Sala de pacientes	60 máx.	20 – 24	61.7	24.69	NO CUMPLE
Hospitalización Cirugía	Salas de recuperación	20 – 60	21 – 24	70.64	29.01	NO CUMPLE
Emergencia Medicina Interna	Emergencia	65 máx.	21 – 24	61.09	25.69	NO CUMPLE*
Emergencia Pediatría	Emergencia	65 máx.	21 – 24	68.52	25.44	NO CUMPLE
Emergencia Ortopedia/Cirugía	Emergencia	65 máx.	21 – 24	62.77	27.33	NO CUMPLE*
Quirófano 1	Quirófanos clase B y C	20 – 60	20 – 24	63.75	28.6	NO CUMPLE
Quirófano 2	Quirófanos clase B y C	20 – 60	20 – 24	68.57	27.99	NO CUMPLE
Quirófano 3	Quirófanos clase B y C	20 – 60	20 – 24	67.15	27.92	NO CUMPLE
Labor y Parto	Sala de parto	20 – 60	20 – 24	69.32	27.27	NO CUMPLE

Fuente: (Autoría propia, 2022)

5.4.1 HALLAZGOS

Los niveles de humedad relativa y temperatura obtenidos favorecieron al crecimiento de hongos (Sección 3.6.1). Se pudo observar el crecimiento de hongos superficiales en las paredes en las salas de Emergencia Ortopédica, Pediátrica y Hospitalización de Cirugía (Ilustraciones 41, 42 y 43).

Estos hallazgos, fortalecen los resultados obtenidos al momento de verificar los niveles adecuados de las variables climatológicas de temperatura y humedad relativa establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 (Sección 5.4).



Ilustración 41. Crecimiento de hongos en pared de Hospitalización de Cirugía

Fuente: (Autoría propia, 2022)



Ilustración 42. Crecimiento de hongos en pared de Emergencia Pediatría

Fuente: (Autoría propia, 2022)



Ilustración 43. Crecimiento de hongos en pared de Emergencia Ortopédica

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Debido a los hallazgos encontrados, estos espacios se ven comprometidos al momento de incluirlos dentro del correcto cumplimiento de la normativa ASHRAE. Independientemente que la sala de emergencia de ortopedia/cirugía tenga un rango de tolerancia permitido en la variable de temperatura (Sección 3.8.1).

5.5 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS

La primera pregunta de la encuesta fue diseñada para filtrar las respuestas provenientes del personal de las diez salas del Hospital El Progreso. La pregunta obtuvo 29 resultados, sin embargo, la encuesta obtuvo 21 respuestas individuales (Ilustración 44). Esto es debido a que cierta parte del personal que contestaron las encuestas labora en más de una sala del hospital. Se obtuvo que el 28.6% (n=6) del personal laboraba en la sala de Emergencia Ortopédica/Cirugía. Mientras que el 9.5% (n=2) de los encuestados manifestó que laboraban en el área de Emergencia Pediátrica.

Así mismo, otro 28.6% (n=6) del personal encuestado manifestó que laboraba en la sala de Labor y Parto. El 23.8% (n=5) del personal encuestado estaba ubicado en la sala de Emergencia de Medicina Interna. El 14.3% (n=3) del personal encuestado laboraba en los consultorios de Consulta Externa. De igual forma, el 14.3% (n=3) de los encuestados se encontraba en la sala de Hospitalización de Cirugía. Por último, un 19% (n=4) manifestó que laboraban en la sala de Quirófano. De esta forma se cubrió en totalidad las diez salas del Hospital que se evaluaron.

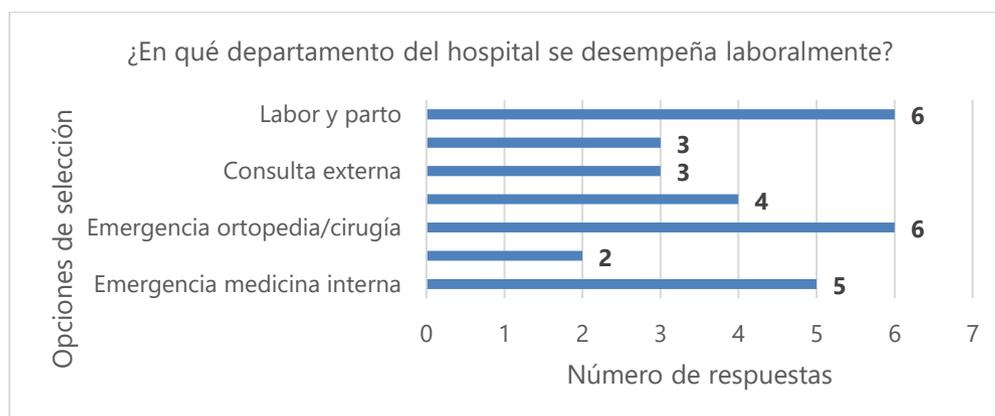


Ilustración 44. Cantidad de personal por área seleccionada

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Se evaluó la percepción del personal médico referente al nivel de limpieza en el Hospital El Progreso (Ilustración 45). El 52,4% (n=11) señaló que el nivel de limpieza en el hospital es "Bueno". El 28.6% (n=6) respondió que el nivel de limpieza es "Muy bueno". Finalmente, el 19% (n=4) manifestó que el nivel de limpieza del hospital es "regular". No se

registraron respuestas en las opciones “Malo” y “Muy malo”. Esto indicó que el personal médico percibía y calificaba el nivel de limpieza en el hospital de manera positiva sin reportar deficiencias en este aspecto.



Ilustración 45. Calificación del nivel de limpieza del hospital

Fuente: (Autoría propia, 2022)

El 76.2% (n=16) del personal encuestado respondió que no conocen los estándares de climatización hospitalaria establecidos por la normativa ASHRAE 170-13 (Ilustración 46). Mientras que el 23.8% (n=5) del personal encuestado indicó que si conocían los estándares de climatización hospitalaria establecidos por la normativa ASHRAE 170-13.

Esto indicó que el personal médico en su mayoría no está consciente de que las variables de climatización de humedad relativa y temperatura dentro de su área de trabajo deben cumplir con ciertos rangos establecidos por dicha normativa con el objetivo de reducir la presencia de microorganismos en el ambiente intrahospitalario.

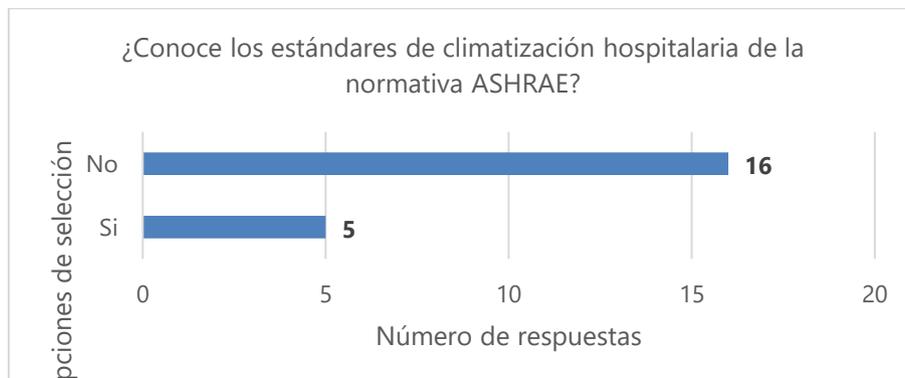


Ilustración 46. Conocimiento de la normativa ASHRAE

Fuente: (Autoría propia, 2022)

En primer lugar, el 71.4% (n=15) del personal médico encuestado indicó que no se han dado casos de infecciones cruzadas recientemente en sus áreas de trabajo (Ilustración 47). Mientras que el 14.3% (n=3) del personal médico encuestado manifestó que si se han dado casos de infecciones cruzadas recientemente en su área de trabajo. Así mismo, el 14.3% (n=21) del personal médico encuestado prefirió no opinar al respecto.

Dos de las encuestas realizadas a personal de Consulta Externa indicaron que si se han dado casos de infecciones cruzadas recientemente. En una de las encuestas, el médico señaló que no conocía los protocolos de limpieza y desinfección dentro su área de trabajo y que tampoco ha visto que se utilicen desinfectantes de grado medico en su área de trabajo. En ambas encuestas se señaló que la limpieza se realiza por parte del personal de limpieza del hospital.

Sin embargo, en una de las respuestas obtenidas, se señaló que, si se han dado casos de infecciones cruzadas dentro del hospital en las salas de emergencia pediátrica, emergencia de medicina interna, emergencia de ortopedia/cirugía y en labor y parto. Este médico manifestó que la limpieza se lleva a cabo por una empresa externa. Esto permite indicar que ambas partes encargadas de la limpieza no llevan a cabo los protocolos de limpieza y desinfección de manera apropiada para cada sala (Sección 3.6.3).

Cabe destacar que ambos consultorios de consulta externa donde se tomaron muestras bacteriológicas superficiales presentaron crecimiento bacteriano de las especies SCN y Citrobacter Freunddi en varias superficies en ambos horarios analizados (véase en la Tablas 12 y 13). Esto apoyaba el testimonio del personal médico de la no utilización de desinfectantes de grado médico en su área de trabajo.

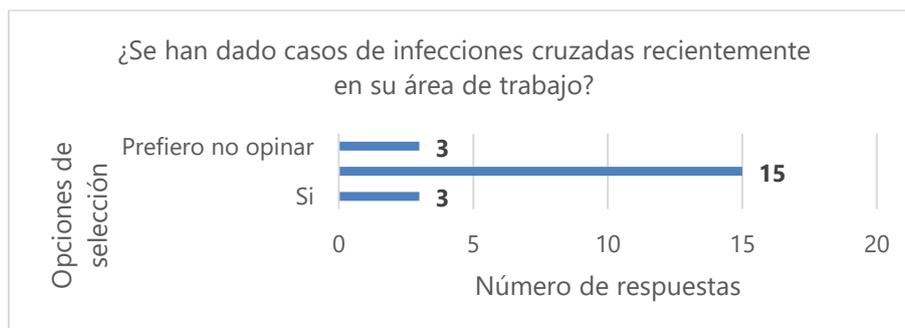


Ilustración 47. Casos de infecciones cruzadas dentro del hospital

Fuente: (Autoría propia, 2022)

El 61.9% (n=13) del personal médico encuestado indicó que si conocen los protocolos de limpieza y desinfección de acuerdo con su área de trabajo. Caso contrario, el 38.1% (n=8) del personal médico encuestado señaló que no conocen los protocolos de limpieza y desinfección acorde a su espacio laboral. Esto indica que un porcentaje considerable del personal médico desconoce los niveles de asepsia requeridos en su área de trabajo (Ilustración 48).

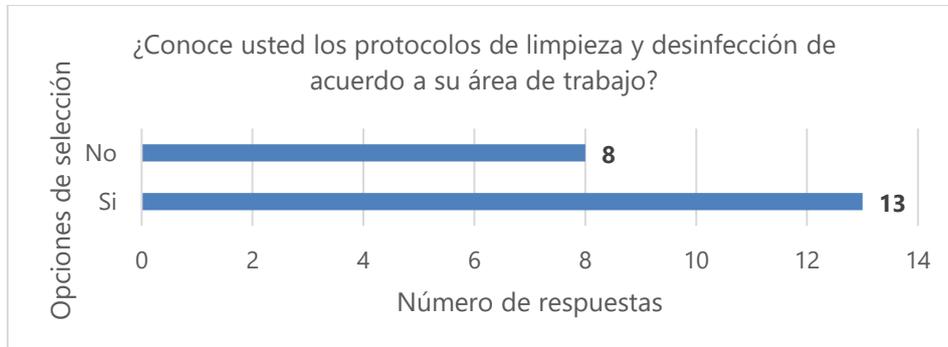


Ilustración 48. Protocolos de limpieza y desinfección según área de trabajo

Fuente: (Autoría propia, 2022)

El 42.9% (n=9) del personal encuestado calificó que se encontraban "Satisfecho" con la climatización en su área de trabajo (Ilustración 49). Mientras que el 4.8% (n=1) calificaron como "Muy satisfecho" los niveles de climatización en su área de trabajo.

De igual manera, el 28.6% (n=6) señaló que se encontraban "Ni satisfecho ni insatisfecho" con el acondicionamiento de su área laboral. No obstante, el 19% (n=4) del personal encuestado indicó que se siente "Insatisfecho" con la climatización en su área de trabajo. Mientras que el 4.8% (n=1) indicó que se sentían "Muy insatisfecho" con respecto a la climatización en su espacio laboral.

Por lo que, se registró que la gran mayoría del personal clínico encuestado reflejó resultados positivos o de poca inconformidad sobre la climatización que se mantenía dentro de sus espacios laborales.

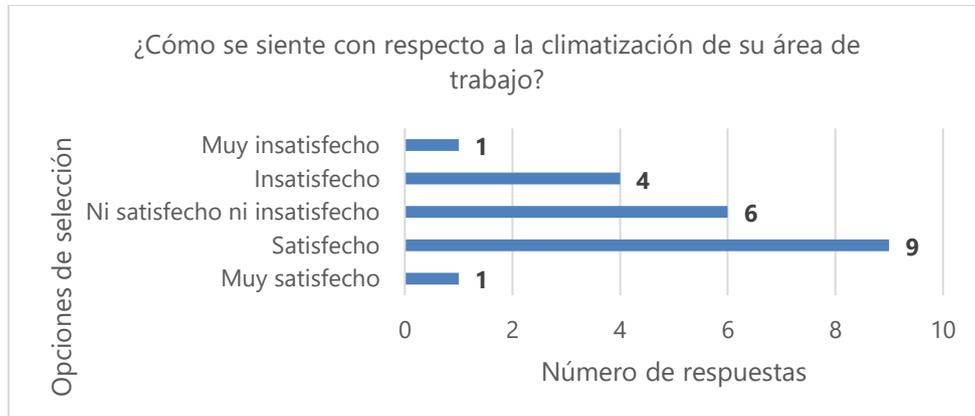


Ilustración 49. Satisfacción del personal con respecto a la climatización

Fuente: (Autoría propia, 2022)

El 57.1% (n=12) del personal encuestado manifestó que si se utiliza algún tipo de desinfectante de grado médico en sus áreas de trabajo. Por otra parte, el 42.9% (n=9) del personal médico encuestado indicó que no ha visto que se utilicen desinfectantes de grado médico en sus áreas de trabajo (Ilustración 50).

Las salas donde se indicó que no utilizaban desinfectantes de grado médico fueron:

- Emergencia de Medicina Interna
- Emergencia de Ortopedia y Cirugía
- Consulta Externa (ambos consultorios)
- Labor y Parto
- Hospitalización de Cirugía

Por otra parte, las salas donde se indicó que si se han utilizado desinfectantes de grado médico eran:

- Emergencia de Medicina Interna
- Emergencia de Ortopedia y Cirugía
- Labor y Parto
- Quirófano
- Hospitalización de Cirugía
- Emergencia Pediátrica
- Consulta Externa

Cabe destacar que existen áreas sanitarias donde se encuentran ambos tipos de respuestas. Esto se debe a que cierto personal laboraba en distintas áreas de atención médica.

Todas las salas seleccionadas presentaron crecimiento de agentes patógenos en al menos una de las superficies muestreadas en ambos horarios evaluados (Tablas 10 y 11). Esto indicó que la utilización de desinfectantes de grado médico es poco eficiente.

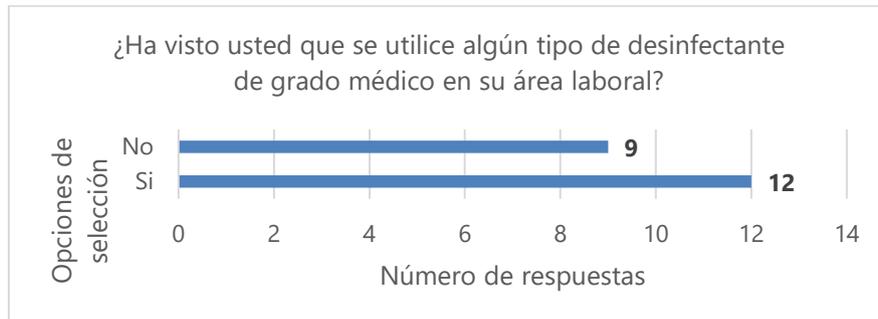


Ilustración 50. Utilización de desinfectantes de grado médico

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Según las respuestas obtenidas por parte del personal encuestado, la mayoría del personal médico está “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” con los horarios de limpieza y desinfección dentro de sus áreas de trabajo. Siendo el 52.4% (n=11) y el 9.5% (n=2).

Sin embargo, el 23.8% (n=5) manifestó que estaban “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” con las rutinas de limpieza y desinfección. Por otra parte, el 14.3% (n=3) del personal encuestado indicó que estaba en “Desacuerdo” con dichos horarios (Ilustración 51). Dos de las tres respuestas en desacuerdo provienen de Emergencia de Medicina Interna.

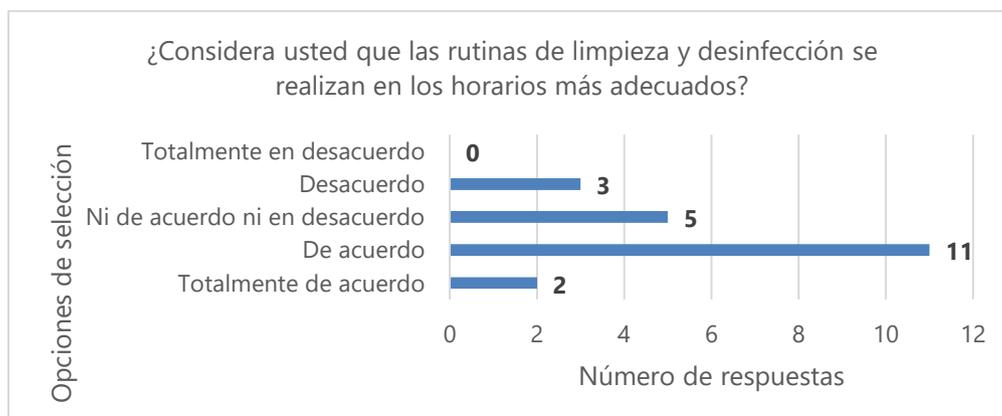


Ilustración 51. Horarios de las rutinas de limpieza y desinfección

Fuente: (Autoría propia, 2022)

En caso de que se llegue a presentar el crecimiento de un agente patógeno, el 95.2% (n=20) del personal encuestado indicó que reportarían dicho brote al superior. El restante 4.8% (n=1) reportaría tal caso a laboratorio (Ilustración 52). No se obtuvieron respuestas por parte de algún personal que se mantendría al margen y no haría nada al respecto si se presentase el crecimiento de agentes patógenos en su área de trabajo.

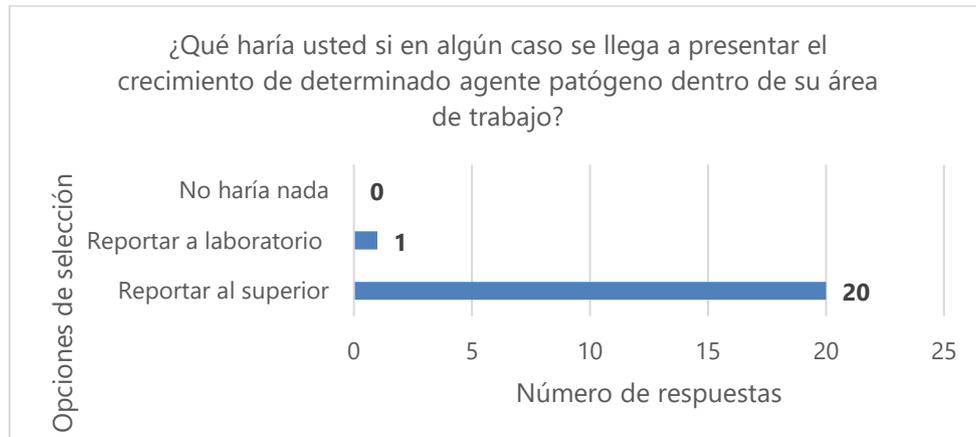


Ilustración 52. Acciones que se harían si se presenta algún agente patógeno

Fuente: (Autoría propia, 2022)

Según el 57.1% (n=12) del personal encuestado la limpieza es realizada por una empresa externa. En contraste, el 42.9% (n=9) del personal encuestado manifestó que la limpieza es realizada por el personal de limpieza del hospital (Ilustración 53). Esto indicó que el servicio de limpieza dentro del hospital se encuentra distribuido entre el personal de limpieza del hospital y una empresa externa que según observaciones tiene como nombre "Servilimp".

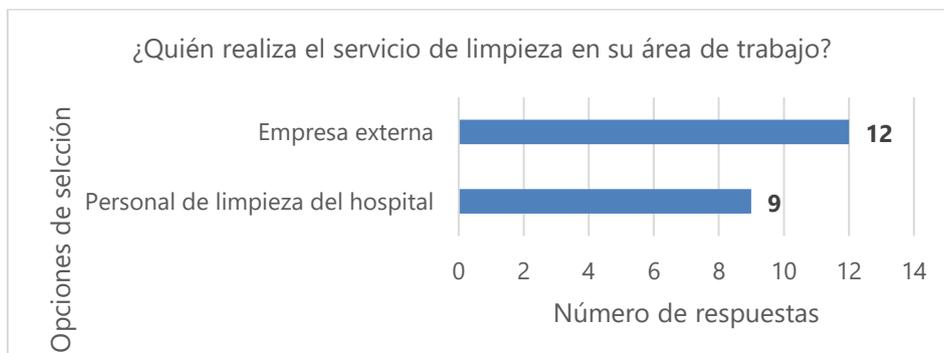


Ilustración 53. Servicios de limpieza en el hospital

Fuente: (Autoría propia, 2022)

El 42.9% (n=9) del personal encuestado indicó que el rango de temperatura con el cual se sienten más cómodos es entre 19 – 21 grados Celsius. El 38.1% (n=8) del personal encuestado manifestó que prefieren una temperatura entre 22 – 24 grados Celsius (Ilustración 54). Estos son los rangos de temperatura identificados con los cuales la mayoría del personal se sentían cómodos en su área de trabajo.

Por otra parte, se obtuvieron otras dos respuestas con la misma cantidad de personal que preferían otro tipo de rangos de temperatura al momento de trabajar. Siendo el 9.5% (n=2) de los encuestados que manifestaron que se sentían cómodos trabajando en temperaturas entre 16 – 18 y 25 – 27 grados Celsius.

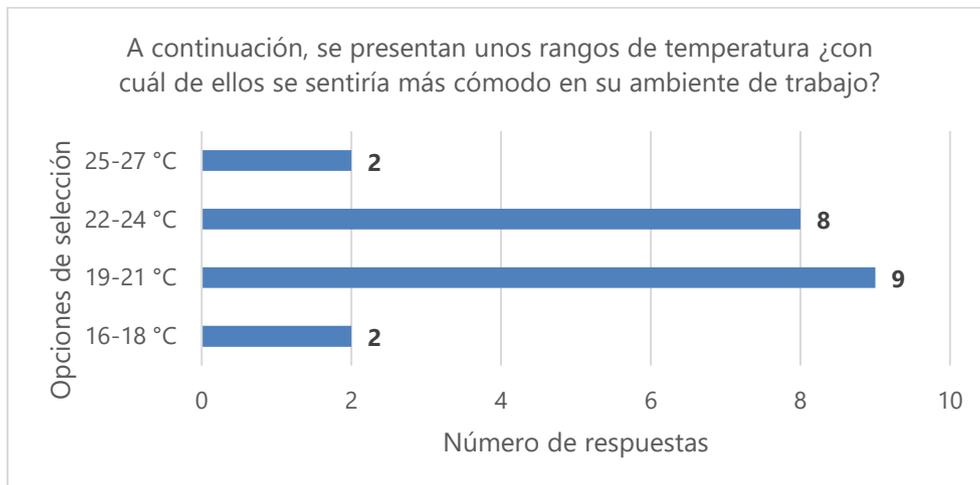


Ilustración 54. Rangos de climatización preferidos por el personal

Fuente: (Autoría propia, 2022)

VI. CONCLUSIONES

- A través de la medición instrumental y estudio de las muestras bacteriológicas no se encontró relación directa de las variables de temperatura y humedad relativa con la presencia de agentes patógenos en las diez salas del Hospital El Progreso. Los rangos de estas variables no concuerdan con los hallazgos encontrados.
- Los efectos de las variables de climatización y de los protocolos de limpieza y desinfección reflejaban los niveles adecuados de acondicionamiento y asepsia en las salas del hospital.
- Al momento de analizar las muestras bacteriológicas para identificar la presencia de agentes patógenos en las superficies de las salas, se aislaron e identificaron cuatro especies de bacterias, así como de hongos superficiales.

De igual manera se identificaron las tecnologías de climatización, así como, los protocolos de limpieza y desinfección que empleaba el Hospital El Progreso para acondicionar y mantener la asepsia de cada una de las salas seleccionadas.

- Se verificó que las diez salas del Hospital El Progreso no cumplían con los requisitos y estándares de diseño referentes a las variables de humedad relativa y temperatura establecidos por la normativa ASHRAE 170-13.

VII. RECOMENDACIONES

- Debido a la inexistencia de un horario de limpieza definido es necesario abarcar diferentes horarios de atención clínica con el objetivo de obtener un análisis contundente del nivel de asepsia dentro de las salas del Hospital El Progreso. En este sentido se deben tomar muestras bacteriológicas superficiales en más de dos horarios y en más de dos días diferentes.
- Se debe utilizar un sensor con envío de datos más frecuente. El sensor DHT22 utilizado en el presente estudio es muy estable y preciso, sin embargo, cuenta con un tiempo de envío de datos lento. Es necesario investigar sensores alternativos con una mayor rapidez en el envío de datos hacia la placa ARDUINO. La rapidez del envío de datos es importante ya que el acceso y el tiempo de análisis en las salas del Hospital El Progreso estaba limitado al ser áreas críticas y semi-críticas.
- Es necesario el envío de las muestras realizadas a un laboratorio externo para obtener resultados y análisis con mayor nivel de confiabilidad.
- Se plantea aplicar herramientas de estudio como lo son las encuestas a otro tipo de usuario dentro del hospital. Se propone realizar encuestas al personal de limpieza con el objetivo de evaluar su conocimiento, cumplimiento y rigurosidad con respecto a los protocolos de limpieza y desinfección en su área de trabajo. Así mismo, realizar encuestas a los visitantes de pacientes en el hospital podría brindar información referente a casos de infecciones cruzadas dentro del hospital.

VIII. APLICABILIDAD/IMPLEMENTACIÓN

El presente estudio es aplicable a las restantes salas del Hospital El Progreso que no fueron evaluadas y cualquier entidad sanitaria. La aplicación del presente estudio en hospitales del sector público en Honduras puede lograr la concientización de las entidades de regulación sanitaria y autoridades de instituciones de atención clínica con respecto a la importancia del cumplimiento de la normativa ASHRAE 170-13.

Así mismo, demostrar la correlación entre las variables de climatización y los protocolos de limpieza y desinfección con la presencia de agentes patógenos en ambientes intrahospitalarios, supondría una mayor regulación para reducir la tasa de infecciones cruzadas en el sector de salud pública. De igual manera, se podrían estandarizar dichos protocolos con el fin de generar un ambiente de atención clínica seguro para los pacientes que forman parte de la población hondureña.

IX. EVOLUCIÓN DEL TRABAJO ACTUAL/TRABAJO FUTURO

Debido al alcance del presente estudio ciertas preguntas de investigación no pudieron ser respondidas en su totalidad. Por esta razón, este estudio presenta oportunidades de realizar un trabajo más profundo con el fin de poder correlacionar de manera directa las variables de investigación, incluso si se aumenta y se toma en consideración el número de variables de interés. La evolución del trabajo realizado comprende las siguientes actividades:

- Aumentar el número de muestras bacteriológicas superficiales en cada sala. Así mismo, tomar muestras en un mayor número de horarios y días con el fin de obtener datos que abarquen la limpieza y desinfección diaria del hospital. Por otra parte, se debe aumentar el número de salas evaluadas dentro del hospital.
- Se debe calcular la muestra de datos cuantitativos con el fin de poder correlacionar directamente las variables de humedad relativa y temperatura con los hallazgos obtenidos a partir de las muestras bacteriológicas superficiales.
- La calidad bacteriológica de las salas depende 7 variables, las cuales son humedad relativa, temperatura, nivel de filtrado, flujo de aire, cambios de aire exterior, ACH mínimos y relación de presión con áreas contiguas. Estudiar la incidencia directa de todas estas variables mediante herramientas de análisis estadístico y cálculo de muestras brindaría datos y análisis contundentes de como estas variables deben ser reguladas para generar un ambiente con un nivel de asepsia optimo.
- Realizar el estudio con una mayor población de personal encuestado por sala. Esto puede brindar datos y análisis más específicos por sala.
- Proponer y aplicar mecanismos físicos de prevención y mejoramiento de asepsia en salas de atención clínica.

X. CONCORDANCIA CON LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta la matriz que contiene la concordancia de los segmentos del trabajo de investigación (Tabla 15) la cual, permitió comprender la manera en la que se desarrollaron los capítulos del presente estudio.

Tabla 15. Concordancia con los segmentos del trabajo de investigación

Capítulo I		Capítulo II		Capítulo III	Capítulo IV	
Título de investigación	Introducción	Planteamiento del problema		Marco teórico	Metodología	
		Preguntas de investigación	Objetivos		Variables	Metodología de estudio
		General	General		Dependiente	
Estudio sobre la incidencia de la temperatura y la humedad relativa en la asepsia del Hospital El Progreso.	En el sistema de salud hondureño existen muchas carencias en el apartado de la prevención de enfermedades, infecciones y la implementación de mecanismos sanitarios enfocados a mantener un ambiente bacteriológicamente apto para evitar el crecimiento y esparcimiento de agentes patógenos. El estudio se realizará en el	¿Existe una relación entre las variables de temperatura y humedad relativa con la presencia de agentes patógenos en las superficies de las salas del Hospital El Progreso?	Estudiar la relación entre las variables de climatización de temperatura y humedad relativa con respecto a la presencia de agentes patógenos en diez salas del Hospital El Progreso.	El marco teórico aborda temas sobre los diversos tipos de microorganismos infecciosos que se producen dentro de un ambiente hospitalario, así como, las características por los cuales estos se pueden dispersar en el ambiente y adherirse a las superficies de cualquier sala de atención clínica. Por otra parte, se abordan temas técnicos relacionados al muestreo	Estudio sobre el efecto de la temperatura y humedad relativa en la presencia de agentes patógenos.	Se estará implementando una metodología de estudio explicativa y secuencial. Los datos cualitativos obtenidos mediante encuestas y entrevistas reforzarán los resultados obtenidos en el muestreo instrumental y en el análisis de cultivos bacteriológicos. Para reflejar los datos cualitativos se estará

Capítulo I		Capítulo II		Capítulo III	Capítulo IV	
Título de investigación	Introducción	Planteamiento del problema		Marco teórico	Metodología	
		Preguntas de investigación	Objetivos		Variables	Metodología de estudio
		Específicas	Específicos		Independientes	
	Hospital El Progreso, en diez departamentos seleccionados. En estos, se recopilará la tecnología de climatización utilizada, las mediciones de temperatura y humedad relativa y el análisis de cultivos bacteriológicos para identificar la presencia de agentes patógenos en las superficies.	¿Cuáles son los niveles de climatización y los protocolos de limpieza y desinfección que se manejan dentro de las salas del Hospital El Progreso?	Conocer los efectos de la temperatura y humedad relativa, así como los protocolos de limpieza y desinfección con la presencia de agentes patógenos en diez salas del Hospital El Progreso.	Instrumental utilizado en todas las salas seleccionadas para recopilar las medidas de temperatura y humedad relativa, así como el análisis de cultivos bacteriológicos. Finalmente, se abordan temas de lineamientos y condiciones relacionados con los protocolos de limpieza y desinfección, así como los estándares de climatización que debe haber en cada servicio hospitalario.	Protocolos de limpieza y desinfección Tipos de agentes patógenos Tecnologías de climatización Tipo de sala o servicio hospitalario	Utilizando la plataforma de Google Forms para realizar una encuesta al personal clínico y evaluar la satisfacción del personal con respecto a los protocolos de asepsia y acondicionamiento en sus zonas de trabajo. Dentro de los datos cuantitativos se utilizará la programación mediante el software de Arduino IE y la extracción de datos con el programa Tera Term. De igual forma, para reflejar de manera gráfica los resultados obtenidos de las variables de

Capítulo I		Capítulo II		Capítulo III	Capítulo IV
Título de investigación	Introducción	Planteamiento del problema		Marco teórico	Metodología
		Preguntas de investigación	Objetivos		Variables
		Específicas	Específicos		Independientes
		el análisis de satisfacción del personal?	médico en las diez salas seleccionadas.		
		¿El incumplimiento de los rangos de humedad relativa y temperatura establecidos por la ASHRAE 170 se relaciona con la presencia de agentes infecciosos en las superficies del ambiente hospitalario?	Verificar los niveles de temperatura y humedad relativa en las diez salas del hospital según los rangos y lineamientos establecidos por la normativa ASHRAE 170-13.		<p>Climatización se utilizará el software de Minitab para implementar histogramas y observar el cambio en la media y desviación estándar de las mediciones tomadas.</p> <p>Por otra parte, en el análisis cultivos bacteriológicos se estará utilizando el método del escobillón estéril para realizar la toma de muestras en las superficies inertes de las salas.</p>
Capítulo V		Capítulo VI		Capítulo VII	
Resultados y análisis		Conclusiones		Recomendaciones	
Las tecnologías de climatización empleadas en cada área seleccionada del hospital fueron registradas de acuerdo con el departamento que correspondían.		No se encontró relación directa de las variables de temperatura y humedad relativa con la presencia de agentes patógenos en las diez salas del Hospital El Progreso.		<p>Abarcar más días y horarios para el análisis de cultivos bacteriológicos.</p> <p>Utilizar un sensor con envío de datos más frecuente.</p>	

Capítulo V	Capítulo VI	Capítulo VII
Resultados y análisis	Conclusiones	Recomendaciones
Se obtuvieron las mediciones de temperatura y humedad relativa de todas las salas seleccionados del Hospital El Progreso.	Los efectos de las variables de climatización y de los protocolos de limpieza y desinfección reflejaban los niveles adecuados de acondicionamiento y asepsia en las salas del hospital.	
Al momento de analizar las muestras de cultivos bacteriológicos se identificó la presencia de agentes patógenos en algunas superficies inertes dentro de las salas seleccionadas.	Se identificó la tecnología de climatización y los protocolos de limpieza y desinfección que empleaba el hospital. De igual forma, se aislaron diversos agentes patógenos en las superficies de las salas.	Enviar las muestras de cultivos bacteriológicos a un laboratorio externo.
La encuesta de satisfacción del personal reflejó una conformidad general con respecto a la asepsia y climatización en las áreas de trabajo.	Se verificó que ninguna de las diez salas seleccionadas del Hospital El Progreso cumplía con los requisitos y estándares de climatización establecidos por la ASHRAE 170-13.	Encuestar a mayor número de personal y visitantes.
Capítulo VIII	Capítulo IX	
Aplicabilidad/Implementación	Evolución del trabajo actual/Trabajo futuro	
El presente estudio es aplicable al resto de salas de servicios sanitarios del Hospital El Progreso.	Recopilar una mayor cantidad de datos y de información que favorecerá a los resultados.	
Se puede aplicar a cualquier entidad sanitaria en el país.	Estudiar las 5 variables climatológicas restantes para poder identificar una correlación con la presencia de agentes patógenos en las superficies en un entorno hospitalario.	
	Aplicar mecanismos físicos para el mejoramiento de la asepsia y acondicionamiento de las salas.	
	Realizar un estudio probabilístico para determinar si el crecimiento de agentes patógenos se relaciona con todas las variables de climatización.	

Fuente: (Autoría propia, 2022)

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Al, C. L. et. (2011). *Bacillus* spp.; perspectiva de su efecto biocontrolador mediante antibiosis en cultivos afectados por fitopatógenos. *NOVA*, 9(16), Art. 16. <https://doi.org/10.22490/24629448.501>
2. Archer GL. *Staphylococcus epidermidis* and other coagulase-negative Staphylococci. En: Mandell GL, Bennet JE, Dolin R. *Mandell Douglas and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*. 5th ed. Philadelphia: Churchill Livingstone, 2000. p. 2092—100.
3. Artenstein MS et al. Large-volume air sampling of human respiratory disease pathogens. *American Journal of Epidemiology*, 1967, 85(3):479–485.
4. Bailey & Scott, 2009. *Diagnóstico Microbiológico*. 12 ed. Buenos Aires: Médica Panamericana. https://www.ugr.es/~eianez/Microbiologia/13agfisicos.htm#_Toc59451619
5. Bermúdez-Madriz, J. L., & Muiser, J. (2011). Sistema de salud de Honduras. *salud pública de México*, 53, 11.
6. Bogdan, M. (2016). How to Use the DHT22 Sensor for Measuring Temperature and Humidity with the Arduino Board. *ACTA Universitatis Cibiniensis*, 68(1), 22-25. <https://doi.org/10.1515/aucts-2016-0005>
7. Bolivia, S., Montoya, P., Humberto, L., Villarroel, Z., Margoth, I., Rojas, P., Cabrera, P., Calvimonte, N., & Rafael, O. (2010). Infecciones Intrahospitalarias: Agentes, Manejo Actual y Prevención. <https://www.redalyc.org/pdf/4260/426041221009.pdf>
8. Bou, G. et al., 2010. *Métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología*. 37 ed. España: SEIMC.
9. Calvo, P., & Zúñiga, D. (2010). Caracterización fisiológica de cepas de *Bacillus* spp. Aisladas de la rizósfera de papa (*Solanum tuberosum*). *Ecología Aplicada*, 9(1), 31-39
10. Carmen, U.-G., & Freire-Cuesta, S. (11 de Enero de 2019). *Universidad Nacional de Loja, Ecuador*. Obtenido de *Citrobacter freundii* multirresistente como agente etiológico de infección: <https://www.redalyc.org/journal/3730/373061540003/html/>

11. Cervantes-García, E., García-González, R., & Salazar-Schettino, P. M. (s. f.). Características generales del *Staphylococcus aureus*. 13.
12. Collado, C. F., & Baptista Lucio, P. (Octubre de 2014). *Roberto Sanchez Sampieri Metodología de la Investigación*. Obtenido de Metodología de la investigación - Sexta Edición: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
13. Culver, M. O. de la. (2015) Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo.
14. Fariña, N., Carpinelli, L., Samudio, M., Guillén, R., Laspina, F., Sanabria, R., Abente, S., Rodas, L., González, P., & de Kaspar, H. M. (2013). *Staphylococcus coagulasa-negativa clínicamente significativos: Especies más frecuentes y factores de virulencia*. *Revista chilena de infectología*, 30(5), 480-488. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182013000500003>
15. Figueroa Núñez, A. D., Pineda, L. M., & Chinchilla, E. J. (2019). Características Clínico-epidemiológicas del Lactante y Desarrollo de Infecciones Asociadas a la Atención en Salud. *Acta Pediátrica Hondureña*, 9(2), 926-931. <https://doi.org/10.5377/pediatriva.v9i2.8792>
16. García. (Enero de 2011). *Epidemiología de las enfermedades transmisibles*. Obtenido de Wordpress: <https://epifesz.files.wordpress.com/2011/01/transmisibilidad-ss.pdf>
17. Gironés, M. C. (Mayo de 2004). Estudio epidemiológico de la infección nosocomial en el servicio de UCI del Hospital Universitario de Canarias. Obtenido de RIULL- Repositorio Institucional Universidad de la Lengua: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/21031/cp217.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. Guzmán. (2021, julio 29). ¿Qué es Google Forms y para qué sirve? *Juan Sebastián Guzmán*. <https://juansguzman.com/blog/que-es-google-forms-y-para-que-sirve/>
19. Kloos W E, Bannerman T L. Update on clinical significance of coagulase-negative staphylococci. *Clin Microbiol Rev* 1994; 7: 117-40.

20. Lebeque M, Morris H, Calas N. Infecciones nosocomiales: incidencia de la Pseudomona Aeruginosa. Rev Cubana Med 2006; 45
21. LIDWELL, O. M. (1990): «The microbiology of air». En: Linton, A. and Dick, H. M.(ed). Topley and Wilson's. Principles
22. Lopardo, H. A. (2014). Infecciones por bacterias poco comunes y oncogénesis bacteriana. *Revista Argentina de Microbiología*, 46, 1–6. [https://doi.org/10.1016/s0325-7541\(14\)70066-5](https://doi.org/10.1016/s0325-7541(14)70066-5)
23. López, E. P., & Rodríguez, D. (Septiembre de 2016). INFECCIONES ASOCIADAS A LA ATENCIÓN EN SALUD Y LOS COSTOS DIRECTOS ATRIBUIBLES. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE ADULTOS. HOSPITAL ESCUELA UNIVERSITARIO. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH): <https://tzibalnaah.unah.edu.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/6671/T-Msp00013.pdf?sequence=2>
24. Minitab. (s. f.). GetApp. Recuperado 17 de noviembre de 2022, de <https://www.getapp.es/software/125155/minitab>
25. Moreno M, C. (2009). Hafnia alvei. *Revista chilena de infectología*, 26(4), 355-355. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182009000500009>
26. Moreno, M. M. (s. f.). DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO DE UN SECADOR ELECTROMECAÁNICO DE CAFE PERGAMINO. 46.
27. Muñoz, W. F. G. (s. f.). EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROBIOTA FÚNGICA EN EL AIRE EN DOS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS NEONATAL DE CLÍNICAS DE ALTA COMPLEJIDAD EN BARRANQUILLA/ ATLÁNTICO. 110
28. Olaechea, P. M., Álvarez-Lerma, F., Palomar, M., Insausti, J., López-Pueyo, M. J., Martínez-Pellús, A., & Cantón, M. L. (2011). Impacto de la bacteriemia primaria y relacionada con catéter intravascular causada por Staphylococcus coagulasa negativo en pacientes críticos. *Medicina Intensiva*, 35(4), 217-225. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2010.09.002>

29. Organización Panamericana de la Salud (2017). PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES ASOCIADAS A LA ATENCIÓN DE LA SALUD.
30. Orjuela, A. C., & Pallares, A. J. (2006). Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM2.5 y PM10) en la localidad de Puente Aranda. 238.
31. Palau, S. (5 de Mayo de 2017). *Agentes patógenos: tipos y efectos en la calidad del aire interior*. Obtenido de S&P: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/agente-patogeno/>
32. Predari S. Estafilococos coagulasa negativos: el enemigo silente. Rev Arg Microbiol 2007.
33. PROTOCOLO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN HOSPITALARIA. (2019). <https://centrodesalud.com.ar/descargas/protocolo%20de%20limpieza%20hospitalaria%20CMS%202019.pdf>
34. Ramos, R., & Meza, V. (2017). Efectos de algunos factores meteorológicos sobre la concentración de esporas de hongos en la plaza san martín de lima. 16(2), 7.
35. Ramos-Vivas, J. (2020). Microbiología de *Hafnia alvei*. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 38, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2020.02.001>
36. Rosa, M. C. de la, Mosso, M. A., & Ullán, C. (2002). El aire: Hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental*, 5, 375-402.
37. Sakazaki, R. (1961). Studies on the *Hafnia* Group of *enterobacteriaceae*. *Japanese Journal of Medical Science and Biology*, 14(5-6), 223-241. <https://doi.org/10.7883/yoken1952.14.223>
38. Salud, O. P. (2002). *Módulo de Principios de Epidemiología para el Control de Enfermedades (MOPECE)*. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud: <https://www.paho.org/col/dmdocuments/MOPECE2.pdf>
39. Salud, O. P. (2015). *Peligros biológicos*. Obtenido de Organización Panamericana de Salud:

https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10838:2015-peligros-biologicos&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0

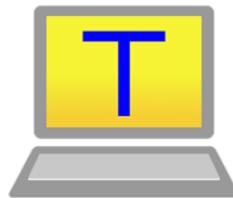
40. Serra Valdés, M. A., & O´Farril Lazo, R. (2014). La infección intrahospitalaria en el diagnóstico de salud del Hospital General Docente «Enrique Cabrera». 2012. La Habana. Cuba. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 13(2), 258-269.
41. Tan T Y, Ng S Y, Ng W X. Clinical significance of coagulase negative staphylococci recovered from nonsterile sites. *J Clin Microbiol* 2006; 44: 3413-4.
42. Torquemada, C. (2014). *Sistemas avanzados de analisis*. Obtenido de Analisis avanzados:
http://www.analisisavanzados.com/modules/mod_tecdata/Torundas_toma_de_muestras.pdf
43. TP, Laboratorio. (2022). *Materiales e instrumentos de un laboratorio quimico*. Obtenido de TP Laboratorio: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/refrigerador-de-laboratorio.html>
44. Ventilation of Health Care Facilities. (2013). https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20errata/standards/170_2017_a_20200901.pdf
45. Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I., & De los Santos-Villalobos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>
46. World Health Organization. (2009). Natural ventilation for infection control in health care settings. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44167>

XII. ANEXOS



Anexo 1. Logo de Arduino

Fuente: (Arduino, 2022)



Anexo 2. Logo de Tera Term

Fuente: (Tera Term, 2022)



Anexo 3. Logo de Minitab

Fuente: (Minitab, 2019)



Anexo 4. Logo de Google Forms

Fuente: (Google, 2022)