

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Arquitectura

**TESIS**

**ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS DE VENTILACIÓN NATURAL Y SU  
INFLUENCIA EN EL CONFORT TÉRMICO EN LAS AULAS DE LA  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA CORONEL GREGORIO  
ALBARRACÍN, TACNA, 2024**

**TOMO I**

Presentada por:

**Bach. Hermes Aarón Laqui Hernández**


Para optar por el Título Profesional de:

**ARQUITECTO**

TACNA - PERÚ

2025

**JURADO**



.....  
**Presidente**

Wilfredo Carlos Vicente Aguilar

DNI

00510576



.....  
**Secretario**

Alberto Efraín Barbachán Palacios

DNI

29336548



.....  
**Vocal**

Juana Beatriz Vargas Bernuy

DNI

70575364



.....  
**Asesor**

Juana Beatriz Vargas Bernuy

DNI

70575364

### CERTIFICADO DE SIMILITUD

Documento evaluado	Tesis para optar por el Título Profesional de Arquitecto
Título de trabajo	Estrategias bioclimáticas de ventilación natural y su influencia en el confort térmico en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna, 2024
Autor	Hermes Aarón Laqui Hernández
Docente asesor	Juana Beatriz Vargas Bernuy
Resolución de acreditación de asesor	Resolución de facultad N° 600-2024-FIAG/UNJBG
Software utilizado	Turnitin
Configuración del software detector de similitud	<ul style="list-style-type: none"><li>• Exclusión de bibliografía</li><li>• Excluir citas textuales (entrecorillado)</li><li>• Exclusión de cadenas sintácticas (15 palabras)</li></ul>
Porcentaje de similitud, según informe del software utilizado	4%
Observaciones	Sin observaciones
Calificación de originalidad	Similitud baja, cumple criterios de originalidad permitidos.
Fecha de emisión del certificado	3 de octubre de 2025

FIRMA DEL ASESOR

Nombres y apellidos

  
.....  
**Juana Beatriz Vargas Bernuy**  
DNI N° 00482847



FIRMA DEL AUTOR

Nombres y apellidos

  
.....  
**Hermes Aarón Laqui Hernández**  
DNI N° 70575364



## **AGRADECIMIENTOS**

Mi gratitud a la Escuela Profesional de Arquitectura de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, porque, a través de su formación académica, me inculcaron conocimientos necesarios para realizar esta investigación y generar aportes a la sociedad.

## **DEDICATORIA**

A Dios por dame la vida y la capacidad de poder tomar decisiones adecuadas durante mi vida.

A mi padre, madre y hermanos, por apoyarme incondicionalmente durante mi formación académica.

A todos mis seres queridos, quienes me alientan a seguir adelante.

A mi directora de tesis, por su dedicación y experiencia que fueron fundamentales para poder realizar esta investigación.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	xii
RESUMEN .....	xvi
ABSTRAC .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Descripción de Problema .....	2
1.2. Formulación del Problema .....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos .....	3
1.3. Objetivos de la Investigación .....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Formulación de las Hipótesis .....	4
1.4.1. Hipótesis General.....	4
1.4.2. Hipótesis Específicas .....	5
1.5. Variables.....	5
1.5.1. Variable Independiente .....	5
1.5.2. Variable Dependiente.....	5
1.6. Matriz de Consistencia .....	7
1.7. Operacionalización de Variables.....	8

1.8.	Justificación.....	9
1.8.1.	Justificación .....	9
1.8.2.	Importancia .....	10
1.8.3.	Impacto Potencial.....	10
1.8.4.	Impacto Académico .....	10
1.8.5.	Impacto Social .....	10
1.8.6.	Impacto Ambiental.....	10
1.9.	Delimitación .....	11
1.10.	Accesibilidad de Datos .....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....		12
2.1.	Antecedentes de la Investigación .....	12
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	12
2.1.2.	Antecedentes Nacionales .....	15
2.2.	Bases Teóricas.....	16
2.2.1.	Confort Térmico.....	16
2.2.2.	Modelo del Balance Térmico (Método PMV/PDD).....	17
2.2.3.	Modelo del Confort Térmico Adaptativo .....	18
2.2.4.	Parámetros Físicos del Ambiente.....	19
2.2.5.	Las Estrategias Bioclimáticas de Ventilación Natural.....	19
2.2.6.	Sistemas Generadores de Movimiento de Aire.....	20
2.2.7.	Aula Bioclimática .....	21
2.2.8.	Criterios Bioclimáticos de Enfriamiento Pasivo.....	22
2.2.9.	Criterios Bioclimáticos según la Forma del Edificio.....	23
2.2.10.	Criterios Bioclimáticos en Función de la ventilación natural cruzada .....	25

2.2.11. Parámetros Arquitectónicos en Climas Desérticos .....	25
2.3. Definición de Términos.....	27
2.3.1. Temperatura Radiante Media.....	27
2.3.2. La Temperatura Operativa .....	27
2.3.3. Velocidad del Aire .....	27
2.3.4. Confort Térmico.....	27
2.3.5. Insatisfacción Térmica (PDD) .....	27
2.3.6. Sensación Térmica (PMV).....	27
2.3.7. Zona de Confort .....	28
2.3.8. Actividad Metabólica (Met).....	28
2.3.9. Nivel de Arropamiento (Clo).....	28
2.3.10. Ventilación Natural.....	28
2.3.11. Apertura de Vanos .....	28
2.3.12. Sombreado de Cubiertas .....	28
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	29
3.1. Paradigma.....	29
3.1.1. Paradigma Positivista.....	29
3.2. Tipo de Investigación .....	29
3.3. Diseño de la Investigación .....	29
3.4. Método o Enfoque.....	30
3.5. Alcance.....	30
3.6. Universo y Muestra .....	31
3.6.1. Universo.....	31
3.6.2. Muestra .....	31
3.7. Unidad de Análisis y de Observación .....	32

3.7.1. Unidad de Análisis .....	32
3.7.2. Unidad de Observación .....	33
<b>CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
4.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	35
4.1.1. Técnicas Cuantitativas .....	35
4.1.2. Método Cuantitativo .....	35
4.1.3. Instrumentos Cuantitativos .....	35
4.2. Descripción de los Métodos Empleados .....	35
4.2.1. Medidas Físicas del Aula y Ambiente .....	36
4.2.2. Monitoreo de las Aulas .....	37
4.2.3. Recolección y Procesamiento de Datos .....	37
4.3. Características de los Materiales Investigados .....	40
4.3.1. Ventanas.....	40
4.3.2. Superficie Envolvente .....	40
4.4. Protocolos de Investigación de Campo y de Laboratorio .....	41
4.4.1. Protocolo de Investigación de Campo .....	41
4.4.2. Protocolo de Investigación de Laboratorio .....	44
4.5. Método de Análisis de Datos .....	45
4.5.1. Preparación de Datos .....	45
4.5.2. Análisis Descriptivo.....	45
4.5.3. Análisis Inferencial .....	47
4.5.4. Herramientas y Software.....	52
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>54</b>
5.1. Presentación de Resultados .....	54

5.1.1. Parámetros de Enfriamiento Pasivo, Forma del Edificio y Ventilación	
Cruzada .....	54
5.1.2. Condiciones Térmicas Ambientales .....	57
5.1.3. Temperatura Operativa, Sensación Térmica e Insatisfacción térmica.....	57
5.1.4. Confort Térmico.....	60
5.2. Análisis y Explicación de Resultados .....	61
5.2.1. Parámetros de Enfriamiento Pasivo, Forma del Edificio y Ventilación	
Cruzada .....	
.....	61
5.2.2. Condiciones Térmicas Ambientales .....	68
5.2.3. Variaciones de la Temperatura Operativa.....	71
5.2.4. Variaciones de la Sensación Térmica .....	72
5.2.5. Variaciones de la Insatisfacción Térmica .....	74
5.2.6. Variación del Confort Térmico .....	75
5.3. Comparación de Resultados con Antecedentes.....	75
5.3.1. Respecto a la Temperatura Operativa .....	76
5.3.2. Respecto a la Sensación Térmica.....	76
5.3.3. Respecto a la Insatisfacción Térmica.....	77
5.3.4. Respecto al Estado del Confort Térmico .....	77
5.4. Limitaciones Encontradas .....	77
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	79
6.1. Conclusiones .....	79
6.2. Recomendaciones.....	83
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	89
CAPÍTULO VIII: ANEXOS.....	93

8.1.	ANEXO A. Archivo Fotográfico .....	93
8.2.	ANEXO B. Instrumentos Utilizados .....	98
8.2.1.	B.01 Ficha de Observación .....	98
8.2.2.	B.02 Termómetro de Infrarrojos .....	110
8.2.3.	B.03 Anemómetro .....	110
8.2.4.	B.03 CBE Comfort Thermal Tool .....	111
8.3.	Anexo C. Autorización de Acceso para Pruebas Térmicas.....	113
8.4.	Anexo D. Evaluación del Confort Térmico .....	114
8.4.1.	Confort Térmico en Aulas del Primer Nivel.....	114
8.4.2.	Confort térmico en Aulas del Segundo Nivel .....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de consistencia .....	7
Tabla 2. Operacionalización de variables .....	8
Tabla 3. Cantidad de aulas activas al 2024 del nivel primario y secundario .....	31
Tabla 4. Cantidad de muestra seleccionada .....	32
Tabla 5. Instrumentos de medición ambiental utilizados.....	37
Tabla 6. Datos del turno mañana – Muestra pre experimental .....	45
Tabla 7. Datos del turno tarde – Muestra post experimental .....	45
Tabla 8. Prueba de normalidad de la hipótesis específica 1 .....	46
Tabla 9. Prueba de normalidad de la hipótesis específica 2 .....	46
Tabla 10. Prueba de normalidad de la hipótesis específica 3 .....	47
Tabla 11. Estadística de muestras emparejadas de la hipótesis específica 1 .....	47
Tabla 12. Correlaciones de muestras emparejadas de la hipótesis específica 1 .....	48
Tabla 13. Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis específica 1 .....	48
Tabla 14. Estadística de muestras emparejadas de la hipótesis específica 2 .....	49
Tabla 15. Correlaciones de muestras emparejadas de la hipótesis específica 2 .....	49
Tabla 16 Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis específica 2 .....	49
Tabla 17 Estadística de muestras emparejadas de la hipótesis específica 3 .....	50
Tabla 18. Correlaciones de muestras emparejadas de la hipótesis específica 3 .....	51
Tabla 19. Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis específica 3 .....	51
Tabla 20. Prueba de McNemar .....	52
Tabla 21. Prueba de chi cuadrado .....	52
Tabla 22. Parámetros para la prueba pre experimental.....	55
Tabla 23. Parámetros para la prueba post experimental .....	55
Tabla 24. Mediciones ambientales.....	57

Tabla 25. Resultado de la temperatura operativa pre y post experimental .....	58
Tabla 26. Resultado de la sensación térmica (PMV) pre y post experimental .....	59
Tabla 27. Resultados de la insatisfacción térmica (PPD) pre y post experimental.....	60
Tabla 28. Resultados del confort térmico .....	60

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Zonas de confort en diagrama psicométrico .....	17
Imagen 2. Zona de Confort – Modelo PMV de Fanger .....	18
Imagen 3. Zona de confort – modelo adaptativo .....	19
Imagen 4. Ventilación natural en ambientes interiores.....	20
Imagen 5. Proporción de vanos y ubicación de alturas.....	21
Imagen 6. Modelo de aula bioclimática .....	22
Imagen 7. Sombreado por cubiertas.....	22
Imagen 8. Planta abierta con patio .....	23
Imagen 9. Grados de compacidad en edificaciones .....	23
Imagen 10. Grados de porosidad en edificaciones.....	24
Imagen 11. Grados de esbeltez en edificaciones .....	24
Imagen 12. Ventilación cruzada .....	25
Imagen 13. Proceso metodológico aplicado en la investigación .....	30
Imagen 14. Ubicación de la institución educativa .....	31
Imagen 15. Distribución de las muestras .....	32
Imagen 16. Vista interior y exterior de aulas .....	33
Imagen 17. Ingreso y visualización de datos en el software CBE Thermal Comfort Tool .....	34
Imagen 18. Tipos de aulas y medidas existentes .....	36
Imagen 19. Medición de la temperatura radiante media en las superficies del aula.....	38
Imagen 20. Temperatura radiante de las ventanas .....	38
Imagen 21. Toma de temperatura del aire .....	39
Imagen 22. Interfaz del software CBE Thermal Comfort Tool .....	39
Imagen 23. Situación ambiental exterior para prueba pre experimental .....	42
Imagen 24. Situación ambiental exterior para prueba post experimental .....	42

Imagen 25. Temperatura ambiental exterior.....	43
Imagen 26. Aulas con ventanas altas horizontales.....	56
Imagen 27. Aulas con ventanas altas verticales.....	56
Imagen 28. Valores existentes del indicador Ventana/Muro interno y externo.....	62
Imagen 29. Valores existentes del indicador área de ventilación .....	63
Imagen 30. Valores existentes del indicador Protección solar .....	64
Imagen 31. Valores existentes del indicador Orientación del edificio .....	65
Imagen 32. Valores existentes del indicador Elongación y compacidad.....	66
Imagen 33. Valores existentes del indicador Forma del edificio.....	66
Imagen 34. Valores existentes del indicador Nivel respecto al suelo.....	67
Imagen 35. Valores existentes del indicador Caras exteriores .....	68
Imagen 36. Temperatura del aire al interior de las aulas .....	69
Imagen 37. Temperatura Radiante Media en las Aulas .....	70
Imagen 38. Velocidad del Aire en las Aulas.....	71
Imagen 39. Variaciones de la temperatura operativa.....	72
Imagen 40. Variaciones de la sensación térmica PMV.....	73
Imagen 41. Variaciones de la insatisfacción térmica PPD .....	74
Imagen 42. Variaciones del confort térmico.....	75
Imagen 43. Ubicación del aula A-108 .....	81
Imagen 44. Vista frontal del aula A-108.....	81
Imagen 45. Vista posterior del aula A-108 .....	82
Imagen 46. Sección transversal del aula A-108.....	82
Imagen 47. Incidencia del flujo del viento sobre la orientación de las ventanas exteriores ....	84
Imagen 48. Incremento del área de apertura de ventilación en ventanas.....	84

Imagen 49. Protección de solar de ventanas a través de coberturas en patios y uso de alero.....	85
Imagen 50. Impacto solar en muros externos en el atardecer .....	86
Imagen 51. Vista del aula A-108 y B-208 .....	87
Imagen 52. Toma de temperatura de muros y ventanas.....	93
Imagen 53. Organización de los bloques de aulas .....	93
Imagen 54. Toma de temperatura del aire y velocidad del viento en turno tarde.....	94
Imagen 55. Toma de temperatura del aire y velocidad del viento en turno mañana .....	94
Imagen 56 Apertura de vanos exteriores e interiores.....	95
Imagen 57 Vistas 3D de la forma de los bloques de aulas.....	95
Imagen 58. Impacto de la protección solar en aulas con ventanas exteriores altas .....	95
Imagen 59. Impacto de la protección solar en aulas con ventanas exteriores bajas .....	96
Imagen 60. Forma de edificio y ubicación de bloques de aulas .....	96
Imagen 61. Impacto del Sol por la orientación del edificio.....	96
Imagen 62 Protección solar en patio central en horarios de mañana y tarde.....	97
Imagen 63. Termómetro de infrarrojos MESTEK IR03B .....	110
Imagen 64. Anemómetro UNI-T modelo UT-363 .....	111
Imagen 65. Interfaz para aplicar el método PMV en CBE Comfort Thermal Tool.....	112
Imagen 66. Confort térmico en el aula A-101 .....	114
Imagen 67. Confort térmico en el aula A-103 .....	115
Imagen 68. Confort térmico en el aula A-105 .....	115
Imagen 69. Confort térmico en el aula A-107 .....	116
Imagen 70. Confort térmico en el aula A-108 .....	116
Imagen 71. Confort térmico en el aula A-110 .....	117
Imagen 72. Confort térmico en el aula B-201.....	117

Imagen 73. Confort térmico en el aula B-203.....	118
Imagen 74. Confort térmico en el aula B-205.....	118
Imagen 75. Confort térmico en el aula B-207.....	119
Imagen 76. Confort térmico en el aula B-208.....	119
Imagen 77. Confort térmico en el aula B-209.....	120

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en el confort térmico a las 10:00 y 16:00 horas en un grupo experimental de 12 aulas activas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín en la ciudad de Tacna. La metodología consistió identificar los parámetros arquitectónicos de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural existentes en un grupo experimental de aulas y realizar mediciones ambientales en dos momentos del día utilizando dispositivos digitales como el anemómetro y el termómetro de infrarrojos para finalmente determinar su influencia en el estado del confort térmico según la norma *ASHRAE 55-2023* con apoyo del software CBE Thermal Comfort Tool utilizando el modelo PMV (*Voto Medio Previsto*).

Los resultados de la experimentación indican que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación del confort térmico dentro de sus dimensiones como el aumento de temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica. Asimismo, se encontró que el aula A-108 presenta mejores condiciones de confort térmico a las 10:00 y 16:00 horas a causa de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural que presenta. Este estudio contribuye a un mejor entendimiento de la aplicación de estrategias bioclimáticas de ventilación natural en el diseño de aulas en climas desérticos.

**Palabras clave:** Confort térmico, ventilación natural, estrategias bioclimáticas pasivas, aulas educativas.

## ABSTRACT

The present research aimed to determine the influence of bioclimatic strategies of natural ventilation on thermal comfort at 10:00 AM and 4:00 PM in an experimental group of 12 active classrooms of the Coronel Gregorio Albarracín Educational Institution in the city of Tacna. The methodology involved identifying the architectural parameters of the existing bioclimatic strategies of natural ventilation in an experimental group of classrooms and carrying out environmental measurements at two times of the day using digital devices such as the anemometer and infrared thermometer to finally determine their influence on the state of thermal comfort according to ASHRAE 55-2023 standards with the support of the CBE Thermal Comfort Tool software using the PMV (Predicted Mean Vote) model.

The results of the experimentation indicate that bioclimatic strategies of natural ventilation significantly influence the variation of thermal comfort within its dimensions such as the increase in operative temperature, thermal sensation, and thermal dissatisfaction. Likewise, it was found that classroom A-108 presents better thermal comfort conditions at 10:00 and 16:00 hours due to the bioclimatic strategies of natural ventilation it employs. This study contributes to a better understanding of the application of bioclimatic strategies of natural ventilation in the design of classrooms in desert climates.

**Keywords:** Thermal comfort, natural ventilation, passive bioclimatic strategies, educational classrooms.

## INTRODUCCIÓN

La arquitectura bioclimática a través de la historia ha tenido como fin aprovechar las condiciones ambientales del lugar en donde se ubica para generar espacios térmicamente confortables, asimismo, diversas investigaciones vinculadas al estudio del confort térmico en escuelas en climas cálidos y desérticos han analizado las variaciones que este presenta a causa de la influencia de las estrategias bioclimáticas aplicadas.

El Estado peruano reconoce que el confort térmico es importante para el desarrollo del aprendizaje y producción, por lo que ha propuesto las estrategias de enfriamiento pasivo, forma del edificio y ventilación cruzada para el control del clima al interior de sus ambientes educativos en climas desérticos, a pesar de esto en la ciudad de Tacna las instituciones educativas vienen funcionando con espacios que probablemente no aplican adecuadamente estas estrategias bioclimáticas por lo que se desconoce el estado del confort térmico que se generan en el interior de sus aulas.

Para realizar esta investigación se ha aplicado el método PMV (*Voto Medio Previsto*) para determinar el estado del confort térmico al interior de las aulas existentes de manera cuantitativa y que se basa en la norma internacional *ASHRAE 55-2023*.

Este estudio experimental presenta datos recopilados en campo que dio inicio el 16 de diciembre del 2024 cuando la Institución educativa Coronel Gregorio Albarracín, a través de la dirección, otorgó la disponibilidad para poder acceder a realizar las mediciones de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural existentes, y el uso de dispositivos digitales como el anemómetro y termómetro de infrarrojos para medir las características ambientales al interior de las aulas en dos momentos del día en el que las condiciones ambientales exteriores sean similares.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Descripción de Problema

La evaluación del confort térmico en ambientes educativos, habitados por niños y adolescentes es una tendencia mundial debido a su influencia en el desempeño académico. En ambientes donde la actividad principal es sedentaria, los estudiantes son más susceptibles al frío o al calor si el clima interior está fuera del rango de la neutralidad térmica (INSHT, 2012).

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS] (2012) publicó la norma “*EM.110 Confort Térmico y Lúmico con Eficiencia Energética*”, donde define que, en zonas desérticas como Tacna, su temperatura ambiental anual media es de 24C° y una humedad relativa de 50-70 %, donde indica que la temperatura ambiental al interior de las aulas en escuelas debe ser de 20C°. Asimismo, el MINEDU (2023), define estrategias bioclimáticas de ventilación natural (ventilación cruzada, enfriamiento pasivo y forma del edificio) para lograr un estado de confort aceptable en aulas de escuelas para el nivel primaria y secundario de educación básica regular en ciudades con clasificación de clima desértico como la ciudad de Tacna.

A nivel nacional, existen muy pocos estudios de análisis del confort térmico al interior de aulas que han aplicado estrategias bioclimáticas de ventilación natural (ventilación cruzada, enfriamiento pasivo y forma del edificio) en su diseño y construcción. El clima desértico como el de la ciudad de Tacna exige que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural aplicadas en el diseño de aulas deben mantener un ambiente térmico dentro de los límites del confort aceptable para sus ocupantes.

A nivel local, en Tacna el 42% de las instituciones educativas de educación básica regular cuentan con una infraestructura en buen estado (MINEDU, 2020). Por lo tanto, las estrategias bioclimáticas aplicadas en dichos edificios podrían no estar cumpliendo con el

objetivo de regular la temperatura ambiental al interior de las aulas y afectando de manera directa la salud de sus ocupantes.

Por esta razón, se ha escogido a la institución educativa Coronel Gregorio Albarracín de la ciudad de Tacna para realizar este estudio y a través de la experimentación de campo, conocer las variaciones del estado del confort térmico al interior de las aulas a causa de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural existentes.

De esta manera se busca identificar de manera experimental si existe una influencia significativa en el estado del confort térmico (temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica) en aulas cuando las condiciones ambientales exteriores son las mismas en diferentes horarios del día, por lo que se ha escogido un horario del turno mañana (10:00 horas) y un horario del turno tarde (16:00 horas) en el mes de diciembre del año 2024 cuando se encuentra en la temporada de verano.

Finalmente, esta investigación servirá para futuras investigaciones en el campo de la arquitectura bioclimática y aportando en el diseño arquitectónico de la ciudad de Tacna en el campo de la infraestructura educativa.

## **1.2. Formulación del Problema**

### ***1.2.1. Problema General***

P.G.: ¿Cómo influyen las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en el confort térmico en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024?

### ***1.2.2. Problemas Específicos***

P.E.1: ¿En qué medida se presentan los parámetros de enfriamiento pasivo, forma del edificio y ventilación cruzada en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024?

P.E.2: ¿Cómo medir las condiciones ambientales a las 10:00 y 16:00 horas en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024?

P.E.3: ¿Cómo comparar las variaciones de la temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica las 10:00 y 16:00 horas por la influencia de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en las aulas que aplican de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024?

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### ***1.3.1. Objetivo General***

O.G.: Determinar la influencia de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en el confort térmico en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

O.E.1: Identificar los parámetros de enfriamiento pasivo, forma del edificio y ventilación cruzada existentes en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

O.E.2: Medir las condiciones térmicas a las 10:00 y 16:00 horas de las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

O.E.3: Analizar las variaciones de la temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica a las 10:00 y 16:00 horas por la influencia de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

### **1.4. Formulación de las Hipótesis**

#### ***1.4.1. Hipótesis General***

H.G.: Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en el confort térmico en aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

### **1.4.2. Hipótesis Específicas**

H.E.1: Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la temperatura operativa en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

H.E.2: Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la sensación térmica en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

H.E.3: Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la insatisfacción térmica en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

## **1.5. Variables**

### **1.5.1. Variable Independiente**

Estrategias Bioclimáticas de Ventilación Natural: El Ministerio de Educación [MINEDU] (2008), nos indica las dimensiones de la siguiente manera:

- a) Enfriamiento pasivo: Esta dimensión tiene como indicador el metraje de la *Protección Solar* de los vanos de ventilación y muros exteriores.
- b) Forma del edificio: Esta dimensión tiene como indicadores la *Orientación* expresada en grados ( $^{\circ}$ ), la *Elongación y Compacidad* del edificio expresada en unidades.
- c) Ventilación cruzada: Esta dimensión tiene como indicadores la *Relación Ventana/Muro* expresada en unidades y la *Apertura de Ventilación* que se expresa en metros cuadrados ( $m^2$ ).

### **1.5.2. Variable Dependiente**

Confort Térmico: La American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], (2023). En su publicación de la norma *ASHRAE 55-2023*, nos indica

las siguientes dimensiones en orden secuencial para ambientes interiores naturalmente ventilados, las cuales pueden medirse de manera física o a través de simulación virtual:

1. Temperatura operativa: ASHRAE, (2023). Define que es el resultado de la combinación de variables ambientales como la temperatura del aire y la temperatura radiante de la envolvente, esta se expresa en grados Celsius ( $^{\circ}$ ) y es necesario su calculo para evaluar el confort térmico según bajo los parámetros de la norma ASHRAE 55-2023.

2. Sensación térmica: ASHRAE, (2023). Define que es la sensación climática de un ambiente, esta puede ir desde muy frio hasta muy caliente. Esta se puede calcular a través del software *Thermal Comfort Tool* al ingresar los parámetros climáticos de un ambiente utilizando herramientas electrónicas de medición ambiental, posteriormente se tiene una sensación térmica aceptable cuando se encuentra entre los valores -0.50 y +0.50,

3. Insatisfacción térmica: ASHRAE, (2023). Define que es el porcentaje de personas insatisfechas en base al cálculo de la sensación térmica obtenida a través de la medición de factores ambientes con ayuda del software *Thermal Comfort Tool*, de esta manera un ambiente es considerado confortable al no exceder el 10 % como resultado.

## 1.6. Matriz de Consistencia

**Tabla 1**

*Matriz de consistencia*

Título: Estrategias bioclimáticas de ventilación natural y su influencia en el confort térmico en aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024				
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cómo influyen las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en el confort térmico en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar la influencia de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en el confort térmico en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en el confort térmico en aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p>Estrategias bioclimáticas de ventilación natural</p>	<p>Enfriamiento pasivo</p> <p>Forma del edificio</p> <p>Ventilación cruzada</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿En qué medida se presentan los parámetros de enfriamiento pasivo, forma del edificio y ventilación cruzada en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024?</p> <p>¿Cómo medir las condiciones ambientales a las 10:00 y 16:00 horas en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024?</p> <p>¿Cómo comparar las variaciones de la temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica las 10:00 y 16:00 horas por la influencia de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en las aulas que aplican de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Identificar los parámetros de enfriamiento pasivo, forma del edificio y ventilación cruzada existentes en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.</p> <p>Medir las condiciones térmicas a las 10:00 y 16:00 horas de las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.</p> <p>Analizar las variaciones de la temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica a las 10:00 y 16:00 horas por la influencia de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la temperatura operativa en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.</p> <p>Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la sensación térmica en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.</p> <p>Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la insatisfacción térmica en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <p>Confort térmico</p>	<p>Temperatura operativa</p> <p>Sensación térmica.</p> <p>Insatisfacción térmica</p>
<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Explicativo-descriptivo</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> Experimental-Transversal</p>	<p><b>UNIDAD DE ANÁLISIS</b></p> <p>Aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín</p>	<p><b>UNIDAD DE OBSERVACIÓN</b></p> <p>Temperatura operativa.</p> <p>Índice de sensación térmica</p> <p>Índice de insatisfacción térmica.</p>		<p><b>UNIVERSO</b></p> <p>24 aulas</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>12 aulas (50 % del universo)</p>

## 1.7. Operacionalización de Variables

X: Estrategias bioclimáticas de ventilación pasiva. Son técnicas de refrigeración para conseguir el confort térmico de manera natural en climas cálidos que puede ser medido a través de las siguientes dimensiones: Enfriamiento pasivo, forma del edificio y ventilación cruzada (MINEDU, 2008).

Y: Confort térmico. Es la sensación de satisfacción de un ambiente térmico, el cual puede ser medido con las siguientes dimensiones: Temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica (ASHRAE, 2023).

**Tabla 2**

### *Operacionalización de variables*

Variables	Definiciones	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
Variable Independiente: Estrategias bioclimáticas de ventilación natural	Definición conceptual: Son técnicas que aprovechan la ventilación natural para regular la temperatura de forma pasiva (MINEDU, 2008).	Enfriamiento pasivo	Protección solar	Ficha de observación	Razón
		Forma del edificio	Orientación Elongación y compacidad	Ficha de observación	Razón
	Definición operacional: Medición técnica y comparación con la normativa vigente (MINEDU, 2008)	Ventilación Cruzada	Relación ventana/muro Apertura de ventilación	Ficha de observación	Razón
Variable Dependiente: Confort térmico	Definición conceptual:  Es la sensación de satisfacción en un ambiente, siendo determinado por el usuario o por características ambientales (ASHRAE, 2023).	Temperatura operativa	Temperatura de bulbo seco. Temperatura radiante media. Velocidad media del aire.	Termómetro de infrarrojos Anemómetro Software de simulación (cbe thermal confort tool)	Razón
		Sensación térmica	Voto medio previsto de sensación térmica. (PMV)	Software de simulación (cbe thermal confort tool)	Razón
	Definición operacional: Medición técnica y procesada en software especializado (ASHRAE, 2023).	Insatisfacción térmica	Porcentaje de ocupantes insatisfechos (PPD)	Software de simulación (cbe thermal confort tool)	Razón

*Nota\**. La escala de medición del tipo *Razón* corresponde a valores numéricos para análisis estadísticos cuantitativos, estas representan cantidades físicas y se pueden realizar diferencias significativas a partir de ellas.

## 1.8. Justificación

### 1.8.1. Justificación

**Económica-social.** El presente proyecto de investigación busca conocer el impacto significativo de las estrategias de ventilación natural en el logro del confort térmico, con el fin de disminuir la utilización de energía en mecanismos artificiales de refrigeración para el clima cálido que predomina en la ciudad de Tacna. De esta manera, al estar en un ambiente confortable, los estudiantes y docentes podrán tener un mejor desempeño académico.

**Ambiental.** Conocer cómo la aplicación de técnicas bioclimáticas de ventilación natural puede generar ambientes térmicamente confortables, siendo fundamental para mitigar los daños al ambiente en consumo de productos químicos usados en sistemas de ventilación. Esto contribuye a la creación de espacios ambientalmente sostenibles.

**Arquitectónico.** El estudio permitirá conocer cómo las estrategias bioclimáticas de ventilación natural pueden generar espacios más confortables a nivel térmico, aprovechando eficientemente el entorno natural y generando un aporte significativo en la arquitectura bioclimática escolar.

**Académico.** Este estudio busca comprobar si las aulas ocupadas por estudiantes de primaria y secundaria se encuentran en condiciones térmicas aceptables utilizando la normativa internacional como la *ASHRAE 55-2023*, utilizando software especializado propuesto por esta misma norma y generando un precedente de como analizar dichos espacios en futuros casos académicos.

**Tecnológico.** Este estudio en relación con el objetivo de desarrollo sostenible N°9 de la *Organización de las Naciones Unidas* busca conocer si la infraestructura educativa aprovecha los recursos renovables de manera eficiente y que garantice un ambiente agradable para sus ocupantes.

### **1.8.2. Importancia**

Demostrar cómo las estrategias bioclimáticas de ventilación natural tienen un impacto significativo en el confort térmico en las aulas educativas escolares de la ciudad de Tacna y poder contribuir con el logro del objetivo de desarrollo sostenible N.º 9: “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación”, propuesto por las Naciones Unidas y que viene siendo desarrollado en nuestro país.

### **1.8.3. Impacto Potencial**

La investigación brindará el conocimiento sobre la influencia de las estrategias de ventilación natural en el confort térmico en espacios educativos como las aulas, esto siendo beneficioso para la salud de los docentes y alumnos. De esta manera, se mejorará la calidad de vida y generará ahorro en consumo energético.

### **1.8.4. Impacto Académico**

La investigación brindará una mejor perspectiva sobre el comportamiento de las características climáticas en un ambiente educativo y sobre las consideraciones desde la perspectiva de la arquitectura en el futuro diseño de espacios educativos confortables.

### **1.8.5. Impacto Social**

La investigación dará a conocer sobre el estado del confort térmico en las aulas que se encuentran en funcionamiento, de esta manera se aplicará el estándar internacional *ASHRAE 55-2023*, el cual sirve para evaluar el confort térmico en espacios naturalmente ventilados.

### **1.8.6. Impacto Ambiental**

La investigación explicará cuál es el estado del confort térmico en ambientes que aplican estrategias bioclimáticas de ventilación natural, esto nos dará una visión sobre cómo poder mejorar las condiciones climáticas al interior de las aulas en futuras investigaciones y cómo aprovechar de

mejor las energías renovables para reducir la contaminación ambiental que generarían los futuros diseños de ambientes educativos.

### **1.9. Delimitación**

El estudio se desarrollará en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, en la segunda semana de diciembre, centrándose en el clima interior de las aulas seleccionadas para realizar mediciones, evaluando la influencia de las estrategias de diseño bioclimático de ventilación natural en el confort térmico. Para ello, se utilizarán equipos electrónicos, como el uso de un termómetro de infrarrojos, anemómetro en horarios distintos del día y mientras se encuentre ocupado el espacio por los usuarios en su mayoría.

### **1.10. Accesibilidad de Datos**

- a) Para los datos meteorológicos como temperatura del ambiente exterior, serán proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú (SENAMI).
- b) El portal web ESCALE del Ministerio de Educación proporciona información sobre la cantidad de aulas en funcionamiento.
- c) La información sobre estrategias bioclimáticas de ventilación natural y confort térmico para aulas escolares serán extraídas de normatividad vigente.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

En la presente investigación se verifico en los diversos repositorios tanto internacionales como nacionales para recopilar los siguientes artículos científicos que servirán como nuestros antecedentes.

##### *2.1.1. Antecedentes Internacionales*

Se presentan los artículos científicos más recientes que fueron publicados hasta la fecha, lo cual evidencia que, a nivel internacional, el estudio del comportamiento del confort térmico en espacios educativos se ha vuelto una tendencia creciente que ha adquirido mayor importancia en los últimos años:

Zomorodian y Nasrollahi (2013), en su artículo **“Optimización del diseño arquitectónico de edificios escolares para la reducción de la demanda de energía en climas cálidos y secos de Irán”**, plantearon evaluar en tres aulas educativas los parámetros arquitectónicos como orientación, relación óptima entre ventana y pared, organización de espacio, protección solar y forma del edificio, que tienen un impacto significativo en gastos energéticos de climatización para lograr el confort térmico. Con la utilización de software de simulación dinámica, se logra obtener resultados sobre el confort en donde se compara la configuración inicial del edificio con las modificaciones planteadas, se obtuvo una variación negativa de 2°C y 3°C, los cuales indican una mejora respecto al uso de climatización por ventilación natural.

De Dear et al. (2015), en su artículo **“Confort térmico adaptativo en aulas de una escuela australiana”**, planteó como objetivo principal determinar el rango de temperatura de confort para estudiantes australianos en etapa escolar. Su metodología consiste en la medición de

variables ambientales en los edificios para determinar el rango de confort aceptable y el porcentaje de personas insatisfechas, teniendo como resultado final que la temperatura de confort térmico oscila de 19,5 a 26,6 °C con insatisfacción del 20 % de los ocupantes.

Vilcekova et al. (2017), en su artículo denominado “**Calidad ambiental interior de las aulas y confort de los ocupantes en una escuela de educación especial en República Eslovaca**”, se plantearon como objetivo analizar las condiciones físicas del entorno y la influencia que tiene en el confort térmico en aulas habitadas por estudiantes. La metodología consiste en realizar mediciones de temperatura del aire, humedad relativa, iluminación, se realizaron cuestionarios para hallar la sensación y la insatisfacción térmica de los ocupantes. Se obtuvo como resultados que la temperatura oscilaba entre 20°C y 24°C y presentan humedad relativa de 20 % a 30 %; esto genera un 70 % de insatisfacción de los estudiantes; de esta manera, concluyeron que es necesario realizar mejoras en los parámetros de diseño de aulas para cambiar las condiciones de confort térmico.

Ledesma y Rivera (2018), en su artículo denominado “**Análisis de confort térmico en escuelas del milenio caso: Quito y Babahoyo**”, se plantearon como objetivo principal comparar los niveles de confort térmico en escuelas que emplean estrategias bioclimáticas pasivas en sector de costa y sierra. La metodología consiste en calcular el voto medio previsto y porcentaje previsto de insatisfechos en ambientes en las escuelas que utilizaban las estrategias pasivas de ventilación, teniendo como resultado final que el confort dependía de la hermeticidad de la envolvente donde en ambientes cálidos, obteniendo temperaturas operativas de 17,30 °C a 20,3 °C y sensación térmica de -0,60 a +44,0 y una insatisfacción térmica promedio de 17 %, por lo que el autor propone ampliar el tamaño de vanos para ventilación para la expulsión de aire caliente, mejorar la

orientación respecto al sol y el velocidad del viento para los climas cálidos y fríos para un mejor control de la temperatura.

Cruz et al. (2021), en su artículo denominado **“Evaluación del confort térmico y lumínico en aulas universitarias en Tijuana, Baja California. Caso de estudio FCITEC, Valle de las Palmas”**, plantearon como objetivo evaluar el espacio educativo para sugerir ajustes a las estrategias bioclimáticas aplicadas en el diseño arquitectónico de aulas. Se evaluaron dos edificios diseñados en función de la ventilación natural, se realizó mediciones de las condiciones ambientales del espacio y ver su influencia en el confort térmico. Finalmente, se obtuvo como resultado que, en el 50 % del tiempo, los estudiantes se sentían en situación de incomodidad térmica en un ambiente donde la temperatura oscilaba entre 19,7°C a 27,7°C. Este resultado demostró que sí existe una influencia entre las estrategias de ventilación natural y el confort térmico.

Rincón-Martines (2023), en su artículo denominado **“Confort térmico en edificios educativos naturalmente ventilados: un estudio en bioclima templado-seco”**, planteó como objetivo analizar el confort térmico en escuelas que regulan su temperatura a través de la ventilación natural en climas con templados. La metodología consiste en la evaluación de las características climatológicas en una temporada de transición de clima frío a cálido, bajo el enfoque del confort adaptativo y normas internacionales del confort térmico. Se tuvo como resultado que, en climas donde la temperatura exterior media sea de 20,2°C y la temperatura neutra oscile entre 17,7 y 22,7 °C, se obtiene un 95,5 % de aceptación térmica, demostrando que los ambientes que utilizan ventilación natural de manera correcta pueden lograr un alto índice de confort térmico.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

A nivel nacional, se ha encontrado los siguientes trabajos en el repositorio de *Alicia Concytec* que guardan relación con el tema de investigación desarrollado:

Fátima (2017), en su artículo denominado **“El confort adaptativo infantil según las estrategias bioclimáticas en escuelas de la selva baja peruana: colegios “12 de Abril” y “Rumococha”, San Juan Bautista, Loreto”**, tiene como objetivo determinar el confort adaptativo de los niños en dos escuelas que emplean estrategias bioclimáticas en el diseño arquitectónico. La metodología empleada fue el modelo adaptativo propuesto por Nicol y Humphreys (2002), quienes señalan que la medición de los factores ambientales interiores y exteriores pueden determinar los rangos de confort térmico. Se obtuvo como resultado que, en el colegio “12 de Abril”, donde el 93 % de los alumnos encuentran una temperatura confortable entre las 11:30 a. m. y 12:30 p. m. a pesar del incremento a 30 °C, caso contrario al colegio “Rumococha” el 37 % manifiesta incomodidad por el exceso de calor, demostrando que se puede obtener índices aceptables de confort a aplicar correctamente técnicas de ventilación natural a pesar de tener una temperatura exterior de 30 °C.

Ccama (2021), en su artículo denominado **“Sensación de confort térmico en ambientes educativos en la zona altoandina de Puno”**, tiene como objetivo estimar la sensación térmica de los escolares en 2 aulas de la Institución educativa Pacaje de la ciudad de Puno, recopilando datos climáticos con herramientas digitales y realizando encuestas a estudiantes para evaluar la sensación térmica, sus resultados fueron que la temperatura operativa oscilaba entre 8.6°C a 12.82°C, y con una sensación térmica neutra, esto debido a que los usuarios adaptaban su vestimenta conforme el clima iba cambiando, tras el análisis estadístico encontró una relación de

0.9264 demostrando así que si existen una fuerte relación entre los individuos y el ambiente ocupado.

Girón et al. (2024), en su artículo denominado “**Desarrollo de un modelo de evaluación de parámetros ambientales para lograr el confort térmico en viviendas de Kallapuma**”, tenía como objetivo evaluar el confort térmico de los habitantes del centro poblado menos Kallapuma, esto se llevó a cabo realizando mediciones ambientales, la sensación térmica y la insatisfacción térmica utilizando instrumentos digitales y un grabador de voto de sensación térmica. El estudio se realizó en los meses de mayo a julio del año 2022, para esta evaluación se consideró el estándar *ASHRAE 55* y fue comparado con otros modelos de confort desarrollados por autores como Fanger, Humphreys y Givoni. Tuvieron como resultado una temperatura ambiental promedio de 10.74°C con la cual los usuarios señalaban sentirse satisfechos en un 54 % con una sensación térmica neutra.

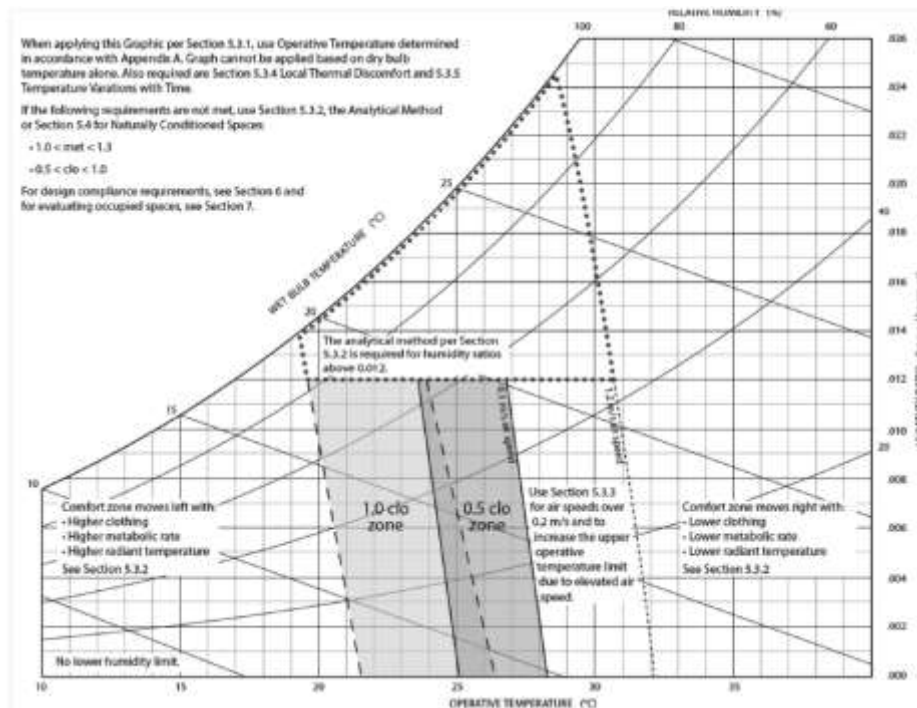
## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Confort Térmico**

La *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* [ASHRAE] (2023) define el confort térmico como la satisfacción del ambiente térmico que puede ser ponderado mediante evaluaciones matemáticas de las condiciones físicas del ambiente, donde un ambiente es catalogado como aceptable cuando la temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica se encuentran dentro del rango de confort.

## Imagen 1

### Zonas de confort en diagrama psicrométrico



Nota. Zona de confort definida para actividades sedentarias. Adaptado de ASHRAE (2023).

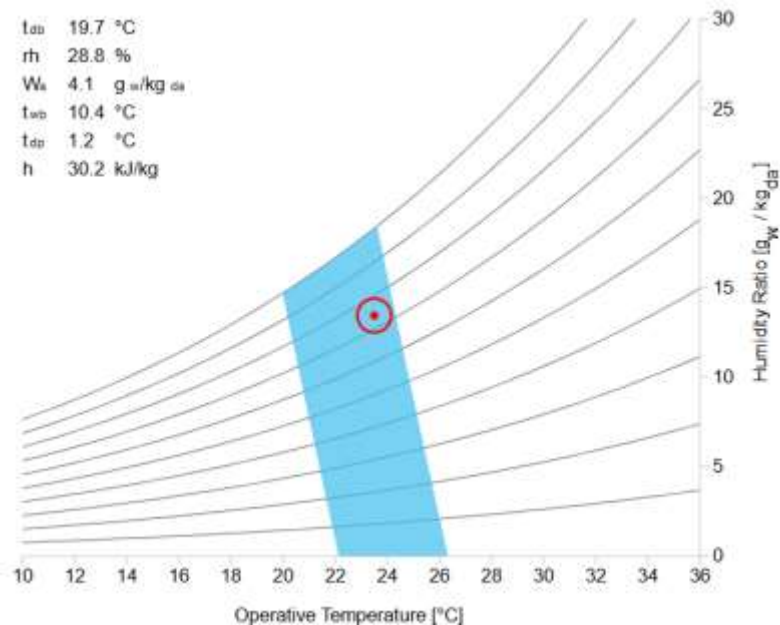
**2.2.1.1. Zona de Confort.** Se define como la combinación de temperatura del aire, temperatura radiante y humedad relativa, que se ubica en un entorno aceptable definido por valores de velocidad de aire, tasa metabólica y aislamiento de ropa (ASHRAE, 2023).

### 2.2.2. Modelo del Balance Térmico (Método PMV/PDD)

Fanger (1973), creador del modelo del balance térmico, donde define los parámetros que influyen en el confort y publica dos métodos para cuantificarlo, siendo estos el PMV (Predictive mean vote) voto medio previsto y PPD (predictive percentage dissatisfied) porcentaje previsto de insatisfechos, determina que en ambientes con un PMV de +/-0,5 tiene 10 % de satisfacción con el ambiente térmico. El modelo ha sido adaptado y usado como base para futuros estándares de confort ambiental. Este tipo de modelo también es conocido como modelo estático o constante.

## Imagen 2

### Zona de Confort – Modelo PMV de Fanger



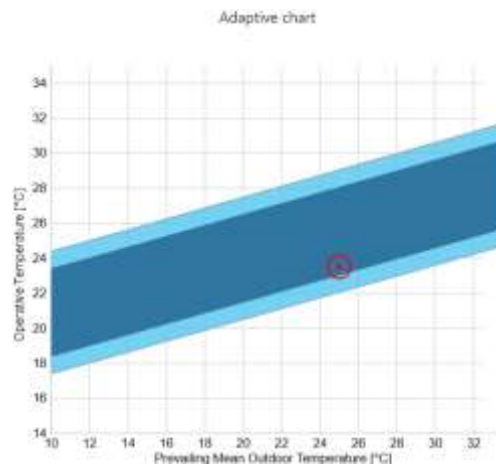
*Nota.* Zona de confort a partir de la temperatura operativa. Adaptado de ASHRAE (2023).

### 2.2.3. Modelo del Confort Térmico Adaptativo

De Dear y Brager et al. (1997) realizaron estudios estadísticos siendo el más significativo el que toma la temperatura media efectiva exterior y la temperatura de neutralidad térmica interior, donde se considera la temperatura operativa, la velocidad del viento y la temperatura media exterior. El autor define las zonas de confort utilizando la teoría de Fanger, donde la sensación térmica media (PMV) entre -0,85 y +0,85 se corresponde con un 20 % de porcentaje de insatisfechos previsto (PPD) y un PMV entre -0,5 y +0,5 se corresponde con un PPD del 10 %.

### Imagen 3

#### *Zona de confort – modelo adaptativo*



*Nota.* Zona de confort adaptativo basado en la temperatura exterior media. Adaptado de ASHRAE (2023).

#### **2.2.4. *Parámetros Físicos del Ambiente***

Ling y Deng (2008) indican que McPatherson, en 1962, definió seis parámetros que afectan la sensación térmica, debido a que el ser humano, al sentir la pérdida de energía del cuerpo, siente que no está conforme con el espacio donde habita.

Los parámetros que definen el confort térmico son los siguientes: (a) Temperatura del aire (°C), (b) Velocidad del aire (m/s), (c) Humedad relativa (%), (d) Temperatura media radiante (°C), (e) Nivel de arropamiento (clo) y (f) Nivel de actividad (met).

De estos parámetros, se obtiene la temperatura operativa, la sensación térmica y la insatisfacción térmica.

#### **2.2.5. *Las Estrategias Bioclimáticas de Ventilación Natural***

Son sistemas que tienen como fin la renovación y el paso del aire en espacios interiores, de esta manera mejorando las condiciones de temperatura y calidad del aire. El paso del aire

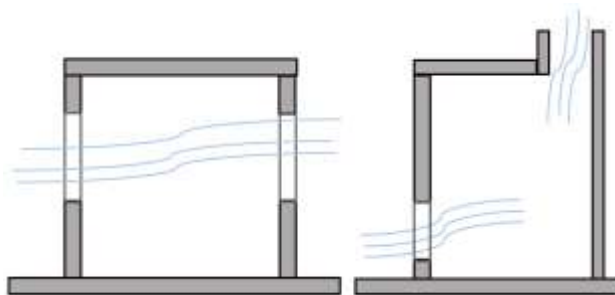
produce efecto de refrigeración según su velocidad ante el cuerpo humano; por ello, en climas cálidos, es altamente favorable para los ocupantes (Serra y Coch, 1995).

### 2.2.6. *Sistemas Generadores de Movimiento de Aire*

Son componentes que favorecen el paso del aire y su movimiento en los espacios interiores, caracterizados por la renovación y refrigeración de aire en favor de los ocupantes. Estos efectos se valoran a través de renovaciones horarias (RH), ligados a la velocidad del viento en m/s (Cárdenas, 2015).

#### **Imagen 4**

*Ventilación natural en ambientes interiores*



*Nota.* En lado izquierdo, ventilación cruzada y lado derecho el efecto chimenea.

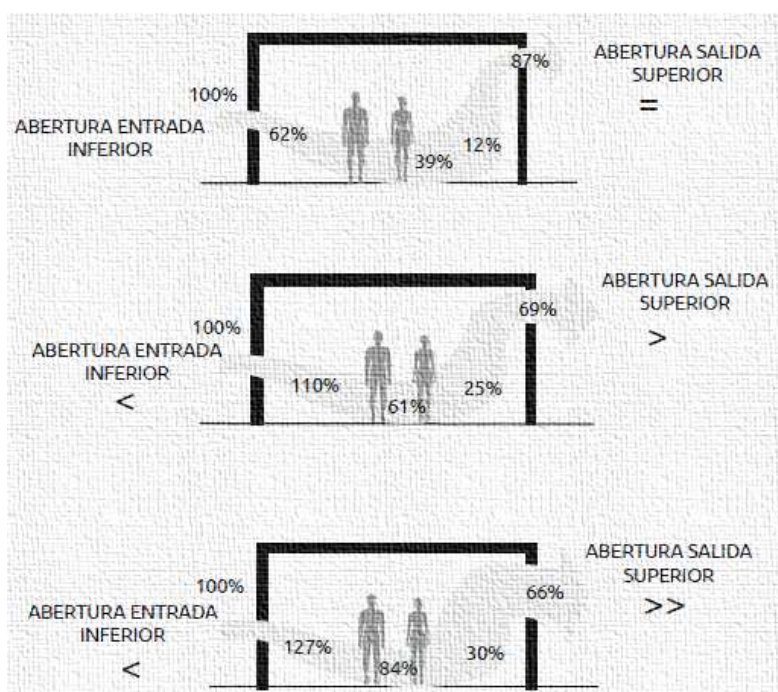
**2.2.6.1. Los Movimientos Horizontales.** El movimiento del viento y su incidencia sobre superficies y aberturas tiene relación con el barlovento (zona de presión fuerte del aire) y el sotavento (zona de presión baja del aire), los movimientos horizontales se analizan en función de su tamaño de aberturas de entrada y salida de aire al interior de espacio (Cárdenas, 2015).

El tamaño de las aberturas dependerá de la necesidad de la ventilación del ambiente. De esta manera, una abertura de mayor tamaño para la salida de aire con relación a la abertura para de ingreso generará una mayor velocidad de viento al interior. De esta manera, estudios realizados

por Sobin (como se citó en Cárdenas, 2015) establecen que una relación óptima entre aberturas de área de salida y área de entrada es de 1,25.

## Imagen 5

*Proporción de vanos y ubicación de alturas*



*Nota.* Se muestra la proporción de vanos y velocidad de viento en el interior. Adaptado de Cárdenas (1995).

### 2.2.7. Aula Bioclimática

Es aquella que se adapta a las condiciones del entorno natural al que pertenece, logrando condiciones favorables de confort, con el uso mínimo de energías auxiliar. Para climas cálidos, se prioriza la protección de la radiación solar y el aprovechamiento de la ventilación natural (MINEDU, 2021).

## Imagen 6

### *Modelo de aula bioclimática*



*Nota.* Esquema de orientación de aula bioclimática. Adaptado de MINEDU (2008).

### 2.2.8. Criterios Bioclimáticos de Enfriamiento Pasivo

**2.2.8.1. Sombreado de Cubiertas.** Es el aprovechamiento de las sombras de las cubiertas y muros cercanos de manera que el flujo del viento se mantenga continua (MINEDU, 2008).

## Imagen 7

### *Sombreado por cubiertas*



*Nota.* El sombreado de cubiertas protege el flujo del viento de ganancias solares. Adaptado de MINEDU (2008).

## 2.2.9. Criterios Bioclimáticos según la Forma del Edificio

**2.2.9.1. Compacidad.** Es el grado de concentración de masa de sus ambientes. En climas cálidos, la concentración de ambientes con menor superficie expuesta al sol y con ayuda de los vientos, logra tener una menor exposición a ganancias de calor, se sugiere la planta abierta, con caras de mayor exposición hacia el norte y sur (MINEDU, 2021).

### Imagen 8

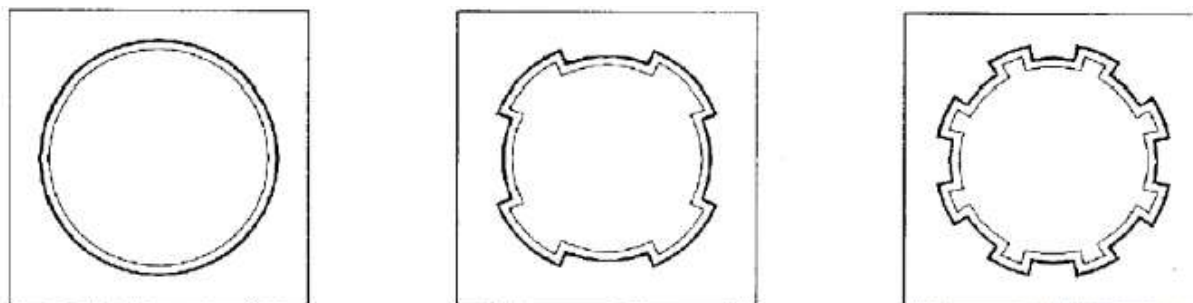
*Planta abierta con patio*



*Nota.* Refrigeración por planta abierta con patio. Adaptado de MINEDU (2008).

### Imagen 9

*Grados de compacidad en edificaciones*

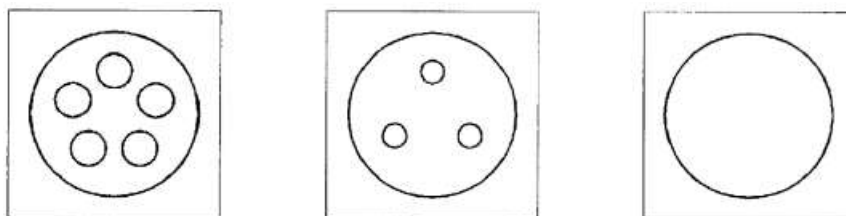


*Nota.* Edificio con mayor compacidad de izquierda a derecha Adaptado de MINEDU (2021).

**2.2.9.2. Porosidad.** Es el grado de espacios abiertos que permiten mayor conexión del interior con el exterior como el uso de patios, jardines y otros. En climas cálidos, se recomienda que se manejen con un grado intermedio para evitar ganancias solares innecesarias y mantener un ingreso del viento de manera controlada (MINEDU, 2021).

### Imagen 10

*Grados de porosidad en edificaciones*

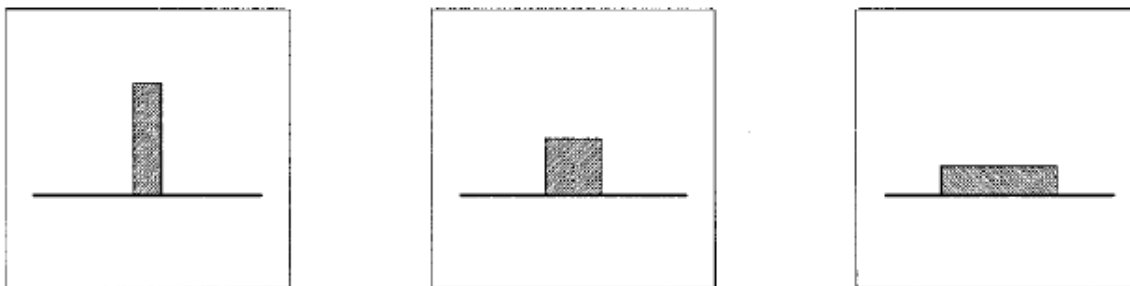


*Nota.* Edificio con mayor porosidad de izquierda a derecha Adaptado de MINEDU (2021).

**2.2.9.3. Esbeltez.** Es el grado de proporción de contacto del edificio con el terreno respecto a la altura, en climas cálidos se recomienda un grado de esbeltez bajo para aprovechar el enfriamiento por vientos y evitar ganancias solares (MINEDU, 2021).

### Imagen 11

*Grados de esbeltez en edificaciones*



*Nota.* Edificio con mayor esbeltez de izquierda a derecha Adaptado de MINEDU (2021).

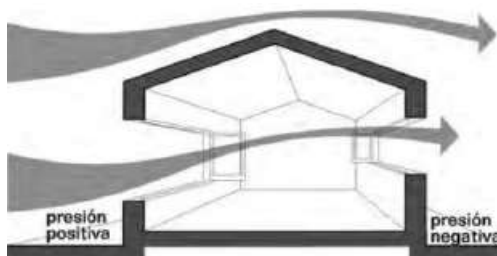
### **2.2.10. Criterios Bioclimáticos en Función de la ventilación natural cruzada**

**2.2.10.1. Apertura de vanos.** Es porcentaje de área de ventilación de vanos en sentido opuestos para ventilar a través del flujo del aire. Esta se calcula dividiendo el área total de apertura de los vanos entre el área de superficie de piso, para la zona bioclimática desértica se recomienda de 7 a 10 % de apertura de vanos para ventilación (MINEDU, 2008).

**2.2.10.2. Orientación de vanos.** Es el Angulo entre la dirección del ingreso del aire al edificio con la dirección del flujo principal del viento exterior. Para la zona bioclimática desértica, los vanos de acceso de aire deben estar orientados hacia el sur (MINEDU, 2008).

### **Imagen 12**

*Ventilación cruzada*



*Nota.* Flujo de viento por ventilación cruzada. Adaptado de MINEDU (2021).

### **2.2.11. Parámetros Arquitectónicos en Climas Desérticos**

Los principales parámetros arquitectónicos para climas desérticos son la relación ventana-pared, sombreado, orientación del edificio, forma (Zamoradian y Nasrollahi, 2013).

**2.2.11.1. Relación Ventana-Pared.** Es la proporción entre el área de la ventana entre el área de la pared que colinda con el exterior, esta se expresa como relaciones en muro norte, sur y este-oeste. Esto influye directamente en las técnicas de iluminación, refrigeración y ventilación pasiva (Zamoradian y Nasrollahi, 2013).

**2.2.11.2. Sombreado.** La protección solar es una estrategia pasiva que apoya al enfriamiento pasivo de un edificio, garantizando mejores condiciones de ventilación para controlar la temperatura en climas cálidos. Estos elementos son principalmente los voladizos y aletas laterales en los muros exteriores e interiores del edificio, el uso de persianas se considera como protección solar; pero, estas no garantizan una protección ante el incremento de temperaturas; la protección por sombreado se puede expresar como el ángulo de la base de la ventana con la longitud final de la superficie de protección (Zamoradian y Nasrollahi, 2013).

**2.2.11.3. Orientación del Edificio.** La orientación del edificio escolar está ligado directamente al ahorro energético en iluminación, calefacción, refrigeración y ventilación, porque influye directamente en la orientación de las ventanas, la radiación solar que recibe las superficies en invierno y verano, se relaciona con la orientación del edificio y con su altura. Para esto, se considera el lado con mayor longitud del lado principal exterior y su orientación se puede expresar de manera cardinal o numérica en grados, se recomienda que los lados de mayor longitud tengan orientación norte a sur y la menor longitud se sitúe de este a oeste (Zamoradian y Nasrollahi, 2013).

**2.2.11.4. Forma del Edificio.** La demanda energética en edificios educativos depende específicamente de la forma y tipología del edificio para evitar ganancias solares excesivas y aprovechar la refrigeración y ventilación en climas cálidos, esto abarca factores de compacidad, elongación, el número de pisos, forma de piso, inclinación de techo, pendiente de pared y elevación respecto al suelo (Zamoradian y Nasrollahi, 2013).

## **2.3. Definición de Términos**

### **2.3.1. *Temperatura Radiante Media***

Es la temperatura promedio de las superficies que envuelven a un ambiente, se mide en grado Celsius (ASHRAE, 2023).

### **2.3.2. *La Temperatura Operativa***

Es la combinación de la temperatura del aire, la temperatura radiante media y la velocidad del aire dentro del entorno físico, se mide en grado Celsius (ASHRAE, 2023).

### **2.3.3. *Velocidad del Aire***

Es la velocidad de movimiento del aire. Este es medido a través de un anemómetro (ASHRAE, 2023).

### **2.3.4. *Confort Térmico***

Es la sensación de satisfacción de un entorno climático en un ambiente. Este espacio es considerado confortable si se encuentra dentro de la zona de confort definida por los parámetros ambientales y del usuario (ASHRAE, 2023).

### **2.3.5. *Insatisfacción Térmica (PDD)***

Es la insatisfacción térmica de los usuarios de un ambiente expresada en porcentaje. Esta puede obtenerse a través de encuestas o a partir de la sensación térmica del ambiente utilizando software especializado en confort térmico (ASHRAE, 2023).

### **2.3.6. *Sensación Térmica (PMV)***

Es la sensación térmica de los usuarios de un ambiente expresada en valor numérico, donde valores por debajo de -0.50 significa una tendencia hacia el frío, cuando esta entre -0.50 y +0.50 la sensación es neutra o confortable, y si es superior a 0.50 la sensación térmica tiene tendencia al calor. Esta puede obtenerse a través de encuestas o a partir de la temperatura operativa del ambiente

ocupado, esta se puede hallar de manera predictiva utilizando software especializado en confort térmico (ASHRAE, 2023).

### **2.3.7. Zona de Confort**

La temperatura de confort está definida por las características ambientales en un espacio interior, como temperatura del aire, temperatura media radiante y la humedad relativa en valores de velocidad del aire, actividad metabólica y nivel de arropamiento (ASHRAE, 2023).

### **2.3.8. Actividad Metabólica (Met)**

Es el coeficiente correspondiente a la actividad principal desarrollada en un ambiente, en caso de aulas de dictado de clase donde la actividad principal es estar sentado, leer y escribir, el coeficiente que corresponde es de 1.20 met (ASHRAE, 2023).

### **2.3.9. Nivel de Arropamiento (Clo)**

Es el coeficiente correspondiente a la vestimenta utilizada mayormente por el usuario. Para colegios donde la vestimenta principal está compuesta por pantalón, medias, calzado, camisa, casaca, el valor Clo correspondiente es de 0.76 clo (ASHRAE, 2023).

### **2.3.10. Ventilación Natural**

Es el uso pasivo de los vientos a través de estrategias de refrigeración con el fin de bajar la temperatura a causa de las ganancias solares en edificaciones (MINEDU, 2008).

### **2.3.11. Apertura de Vanos**

Es la relación entre el área total de apertura de vanos para ingreso y salida del aire, entre la superficie de piso del ambiente para ventilar un ambiente (MINEDU, 2008).

### **2.3.12. Sombreado de Cubiertas**

Es el aprovechamiento de la sombra de muros, aleros y otras superficies para evitar la incidencia solar directa hacia los vanos exteriores e interiores (MINEDU, 2021).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Paradigma**

##### **3.1.1. Paradigma Positivista**

Según Ricoy (2006), el paradigma positivista se califica por ser cuantitativo, empírico - analítico, sistemático y tecnológico, siendo aplicado en las investigaciones físicas y naturales, indicando que el conocimiento es objetivo y medible, porque cuantifica los fenómenos observables a través de operaciones matemáticas y control de variables.

#### **3.2. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es aplicada, debido a que se determinó la influencia del confort térmico causado por las estrategias bioclimáticas de ventilación natural existentes en dos horarios en aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín en la provincia de Tacna.

#### **3.3. Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es experimental y transversal, que consiste en la recopilación de datos sobre la variación del confort térmico en aulas diseñadas con criterios bioclimáticos de ventilación natural en un horario del turno mañana y tarde, en el mes de diciembre del año 2024.

Para explicar las variaciones del confort térmico en las aulas que utilizan las estrategias bioclimáticas de ventilación natural se aplicará el diseño experimental de preprueba – posprueba con un grupo de control y por el enfoque transversal será realizado en corto periodo de tiempo, donde a las unidades de investigación son sometidos a preprueba, luego se administra el experimento a un grupo y a otro no (grupo de control), finalmente se somete simultáneamente la posprueba. El diseño puede diagramarse de la siguiente manera:

RG1 O1 X O2 (Observación inicial – Experimentación- Observación posterior)

RG2 O3 - O4 (Observación inicial –Sin Experimentación- Observación posterior)

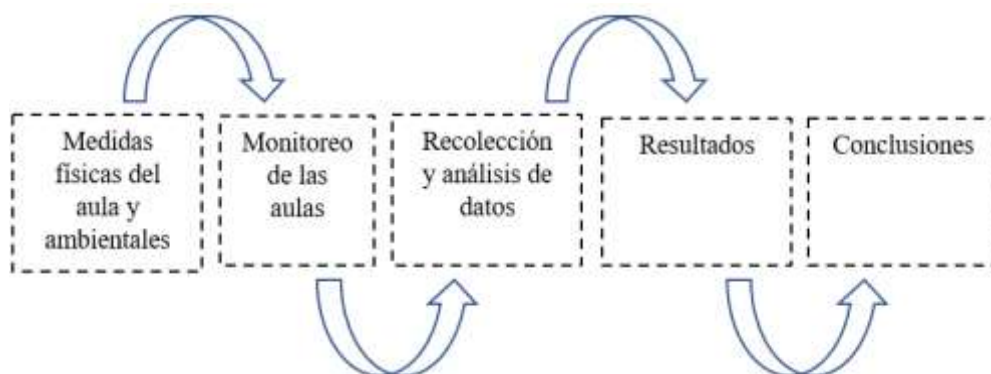
### 3.4. Método o Enfoque

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, porque se observa y mide un fenómeno mediante datos numéricos. Este enfoque demuestra si la hipótesis se acepta o se rechaza con el uso de la prueba estadística. Se trabajó con un grupo experimental de aulas con estrategias bioclimáticas de ventilación natural de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, para determinar su influencia en el confort térmico en base a sus resultados.

Para cumplir con los objetivos planteados en la investigación, se determinó la siguiente metodología:

#### Imagen 13

*Proceso metodológico aplicado en la investigación*



*Nota.* Esquema del proceso aplicado para la investigación cuantitativa.

### 3.5. Alcance

La investigación tiene un alcance explicativo y descriptivo con el fin de entender cómo influyen las estrategias de ventilación natural en el confort térmico en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín en la provincia de Tacna. Para ello, se realizó las mediciones físicas y ambientales en la segunda semana del mes de diciembre del año 2024 y se realizó en el horario del turno mañana y tarde usando métodos cuantitativos para el análisis de datos.

### 3.6. Universo y Muestra

#### 3.6.1. Universo

El universo estuvo conformado por el total de aulas existentes en la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, con un área de 3901,37 m<sup>2</sup>, ubicado en la Av. Cusco 444 distrito, provincia y departamento de Tacna. Según MINEDU (2024, 12 de diciembre), la cantidad de aulas activas es de 24.

#### Imagen 14

*Ubicación de la institución educativa*



*Nota\**. Elaborado en base a fotografías de Google Maps.

#### Tabla 3

*Cantidad de aulas activas al 2024 del nivel primario y secundario*

Turno	Aulas activas - Periodo 2024
Mañana – Primaria	24
Tarde - Secundaria	24

*Nota\**. La cantidad de aulas activas es constante en ambos turnos de educación básica regular. Adaptado de MINEDU (2024. 12 de diciembre).

#### 3.6.2. Muestra

Para la selección de la muestra para el estudio, se aplicó el muestreo no probabilístico por conveniencia, de esta manera se ha seleccionado 12 aulas del total de 24, seleccionando

aulas de manera intercalada para observar las variaciones climáticas y evitar repeticiones de resultados, siendo esto una muestra significativa al ser el 50 % de nuestro universo.

**Tabla 4**

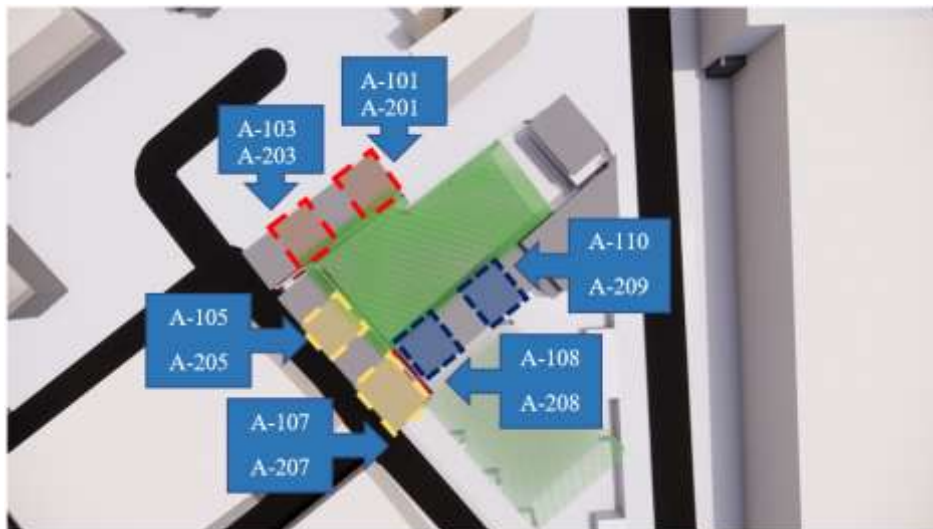
*Cantidad de muestra seleccionada*

Código de aula	Cantidad
A-101	1
A-103	1
A-103	1
A-105	1
A-107	1
A-110	1
B-201	1
B-203	1
B-205	1
B-207	1
B-208	1
B-209	1
Total	12

*Nota\**. Los códigos de aula fueron recopilados en campo.

**Imagen 15**

*Distribución de las muestras*



*Nota\**. Se puede observar que la selección y ubicación de las muestras están de manera intercalada.

### 3.7. Unidad de Análisis y de Observación

#### 3.7.1. Unidad de Análisis

La unidad de estudio son las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín.

### **Imagen 16**

*Vista interior y exterior de aulas*



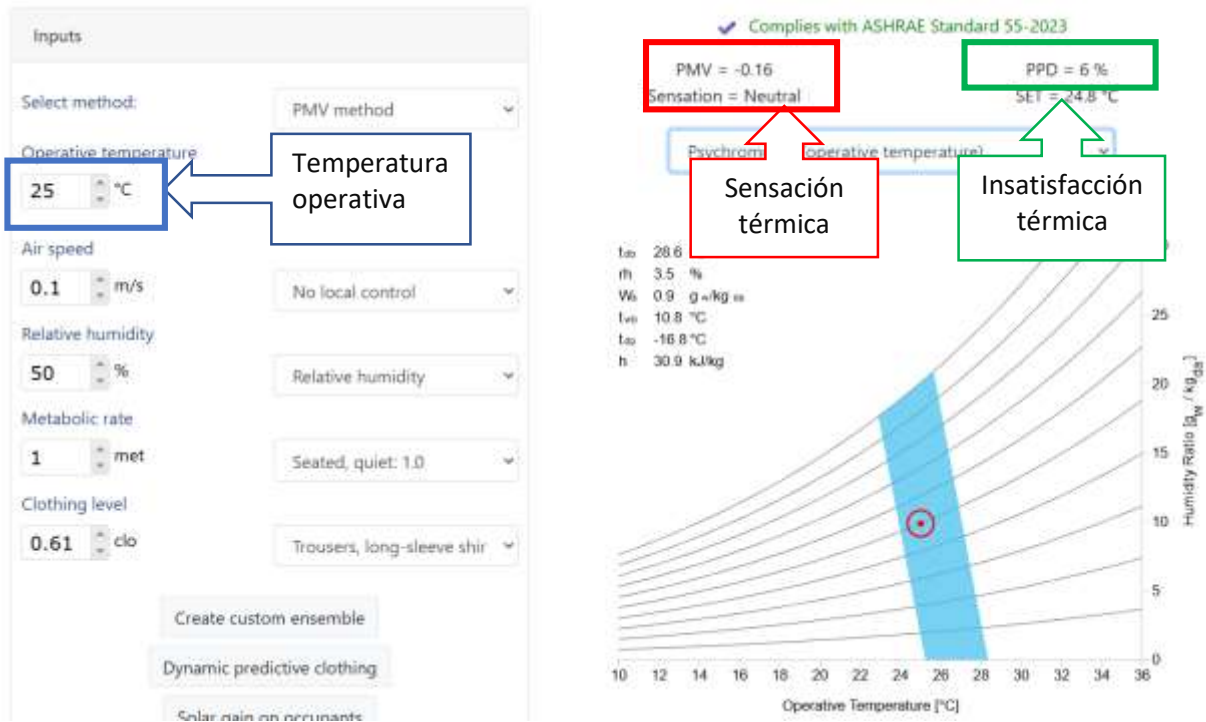
*Nota\**. Vista interior y exterior de la unidad de análisis.

#### **3.7.2. Unidad de Observación**

Las unidades de observación para esta investigación serán medidas a través del uso de dispositivos digitales, estas variaciones observables corresponden a la temperatura operativa ( $^{\circ}\text{C}$ ), el índice de sensación térmica (PMV numérico) y el índice de insatisfacción térmica (%). Estas podrán ser observadas utilizando el software *CBE Thermal Comfort Tool*, después de ingresar los valores ambientales (temperatura del aire y temperatura radiante) recopilados en cada aula de manera independiente.

## Imagen 17

### Ingreso y visualización de datos en el software CBE Thermal Comfort Tool



Nota\*. El interfaz de software *CBE Thermal Comfort Tool* nos mostrara las variaciones que presentaran nuestra unidad de observación.

De esta manera se puede visualizar los resultados en campo para ser sometidos posteriormente al análisis estadístico y comprobar si existen variaciones significativas en el confort térmico.

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

##### **4.1.1. Técnicas Cuantitativas**

Se aplicó la técnica de observación directa y el uso de equipos de medición digital como el anemómetro y termómetro de infrarrojos, para realizar la recopilación experimental de datos con relación a las estrategias bioclimáticas de ventilación natural aplicadas y las dimensiones del confort térmico (temperatura operativa, sensación térmica y de insatisfacción térmica). La recolección inició el día 16 de diciembre del 2024.

##### **4.1.2. Método Cuantitativo**

Se empleó el método descriptivo-cuantitativo para explicar la influencia de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en el confort térmico de las aulas.

##### **4.1.3. Instrumentos Cuantitativos**

Se aplicó la tabla 1 utilizada por Zamoradian y Nasrollahi (2013) para la cuantificación los parámetros de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural. Ver *Anexo B.01*.

La norma ASHRAE (2023) propone el uso de un anemómetro y termómetro de infrarrojo para la recolección de datos ambientales como temperatura del aire, temperatura radiante media y velocidad del viento al interior del ambiente. Ver *Anexo B.02 y B.03*.

La norma ASHRAE (2023) propone el uso del software CBE Confort Thermal Tool para la obtención de los valores de temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica de los parámetros ambientales recopilados. Ver *anexo B.4*.

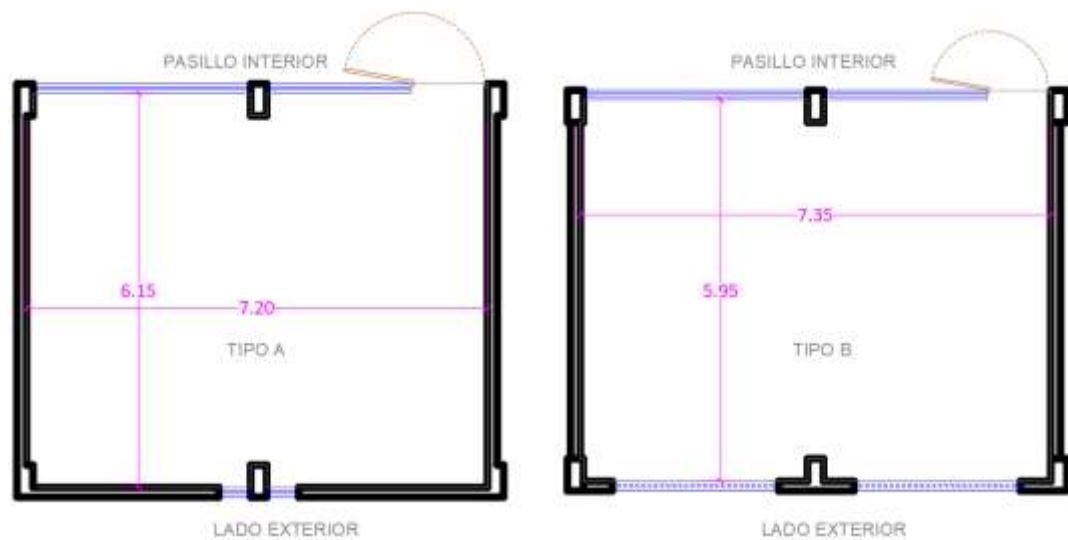
#### **4.2. Descripción de los Métodos Empleados**

#### 4.2.1. Medidas Físicas del Aula y Ambiente

**4.2.1.1. Mediciones Físicas.** Estas mediciones corresponden a los parámetros de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en las aulas, donde se mide las características físicas, como muros, ventanas, altura y otros indicados en la ficha de observación el *anexo B.01*.

#### Imagen 18

*Tipos de aulas y medidas existentes*



*Nota\**. De derecha a izquierda se muestra aulas con ventana alta exterior de gran longitud seguido de aula con ventana alta de corta longitud.

**4.2.1.2. Mediciones Ambientales.** Se utilizó los siguientes instrumentos para realizar las mediciones a las 10:00 horas para la prueba pre experimental y a las 16:00 horas para la prueba postexperimental.

**Tabla 5***Instrumentos de medición ambiental utilizados*

<b>Instrumento de medición</b>	<b>Índice</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango de medición</b>	<b>Precisión medición</b>
Anemómetro	Temperatura del aire	°C	-10°C a 50°C	+/- 2°C
	Velocidad del aire	m/s	0 m/s a 30m/s	5 % + 0,5
Termómetro de infrarrojos	Temperatura radiante	°C	-50°C a 400°C	+/- 1,5 % + 2°C

*Nota\**. Los instrumentos de medición ambiental cumplen con la norma *ASHRAE 55-2023*.

**4.2.2. Monitoreo de las Aulas**

**4.2.2.1. Observación Directa.** Se utilizó la observación directa para medir los parámetros de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural del confort térmico.

Se empleó una ficha de observación para utilizando el método descriptivo-cuantitativo registrando el comportamiento del confort térmico en dos intervalos de tiempo en los horarios de 10:00 y 16:00 horas.

**4.2.3. Recolección y Procesamiento de Datos**

**4.2.3.1. Recolección de Datos.** Se mide la temperatura del aire, la temperatura radiante proveniente de las superficies del salón y la velocidad del aire en el centro del aula, utilizando un anemómetro en un intervalo de 3 minutos y un termómetro de infrarrojos.

Para medir si se cumple con el estándar de confort térmico permitido, se utilizó el software especializado *CBE Comfort Thermal Tool*, creado por la universidad de *Berkeley, California* y se procede a registrar los datos correspondientes al confort térmico.

**Imagen 19**

*Medición de la temperatura radiante media en las superficies del aula*



*Nota\**. Se realizó la toma de temperatura de las superficies en muros, pisos y techos.

**Imagen 20**

*Temperatura radiante de las ventanas*



*Nota\**. Se realizó mediciones de las temperaturas de las ventanas bajas y altas en las aulas.

## Imagen 21

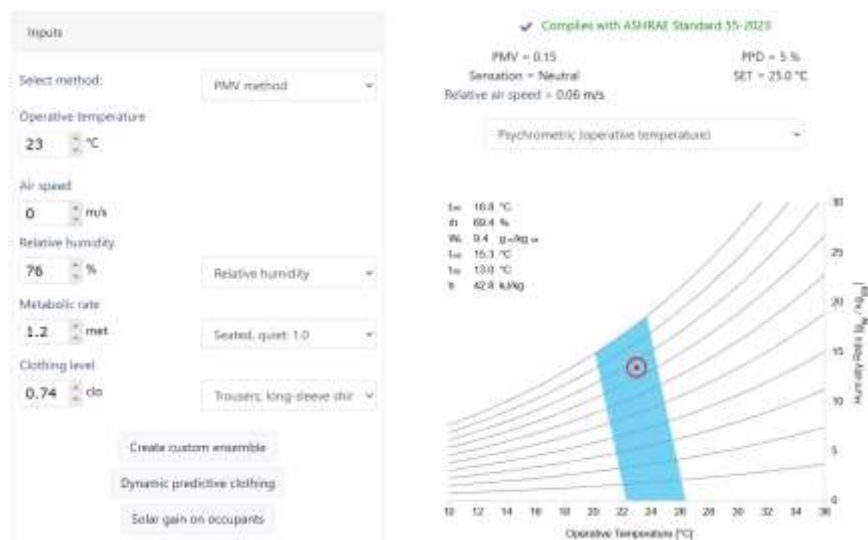
*Toma de temperatura del aire*



*Nota\**. Se realizó mediciones de la temperatura del aire en cada aula cuando es ocupada por los estudiantes.

## Imagen 22

*Interfaz del software CBE Thermal Comfort Tool*



*Nota\**. La temperatura operativa es la media entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media; PMV = Valor numérico de la sensación térmica; PPD = Valor numérico de la insatisfacción térmica; la zona celeste define la zona de confort según los parámetros ingresados.

De esta manera, se obtiene los indicadores del confort térmico, la temperatura operativa, la sensación térmica y la insatisfacción térmica.

**4.2.3.2. Método estadístico.** Se aplicó los siguientes métodos estadísticos para evaluar las hipótesis em base a los resultados.

El método estadístico *T de Student* para evaluar las hipótesis específicas es utilizado en investigaciones cuantitativas de carácter experimental con muestras menores a 35 unidades. Para la evaluación de la hipótesis general, se aplicó el modelo de *McNemar* de tablas cruzadas, el cual se utiliza para evaluar cambios en datos de carácter dicotómico, donde los mismos sujetos son evaluados en condiciones o tiempos diferentes. Para la validación de las hipótesis, para ser posteriormente aceptabas o rechazadas, se utilizó el software *SPSS* para el análisis estadístico.

### **4.3. Características de los Materiales Investigados**

#### **4.3.1. Ventanas**

Descripción: Cristal semitransparente utilizado en las ventanas con mediana resistencia térmica.

Propiedades:

- Alta transmisión de luz y calor.
- Coeficiente de emisividad térmica de 0,85 (Norma E.M. 110).
- Permite el paso del flujo de aire para ventilar los ambientes interiores.

Relevancia en el estudio: Su importancia radica en su influencia directa en la temperatura operativa al interior de los ambientes debido a la emisión de calor proveniente del asoleamiento, el cual también es influenciado por la orientación del edificio.

#### **4.3.2. Superficie Envolvente**

Descripción: Son los muros, techos y pisos de las aulas que están constituidos de concreto y ladrillo, con una resistencia térmica moderada.

Propiedades:

- Buen aislante acústico.
- Resistente a pérdidas de calor.
- Coeficiente de emisividad térmica de 0,90 (Norma E.M. 110).

Relevancia en el estudio: Su importancia radica en su influencia directa en la temperatura por radiación emitida por los muros producto del asoleamiento y orientación del edificio.

#### **4.4. Protocolos de Investigación de Campo y de Laboratorio**

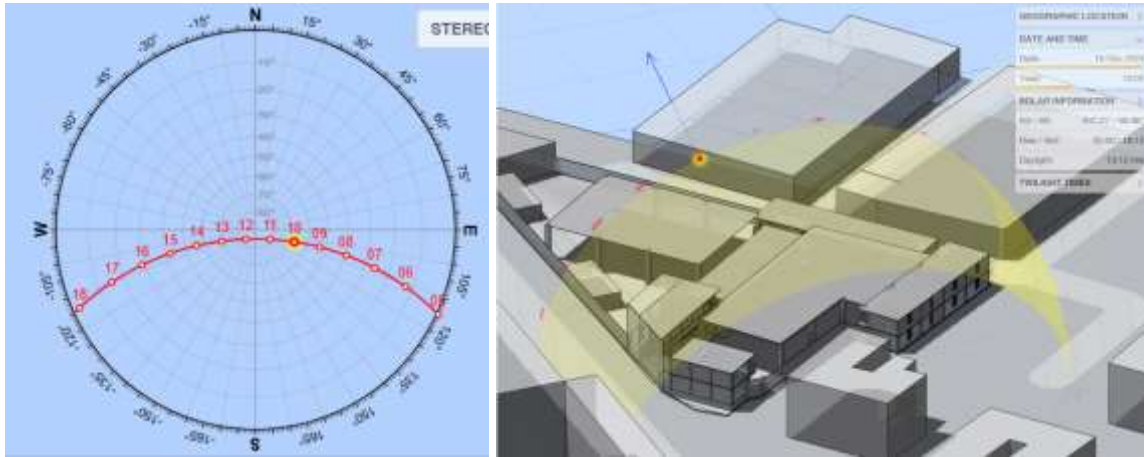
##### ***4.4.1. Protocolo de Investigación de Campo***

**4.4.1.1. Consideraciones Éticas.** Se obtuvo la autorización de la dirección de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín para ingresar a las aulas, realizar las mediciones correspondientes y registrar los datos obtenidos. Ver *Anexo C*.

**4.4.1.2. Consideraciones ambientales.** Para realizar el experimento, se consideró que, para la prueba pre y post experimental, las temperaturas ambiente exteriores sean similares; de esta manera, a las 10:00 y 16:00 horas, la temperatura ambiental exterior es de 22,0°C.

## Imagen 23

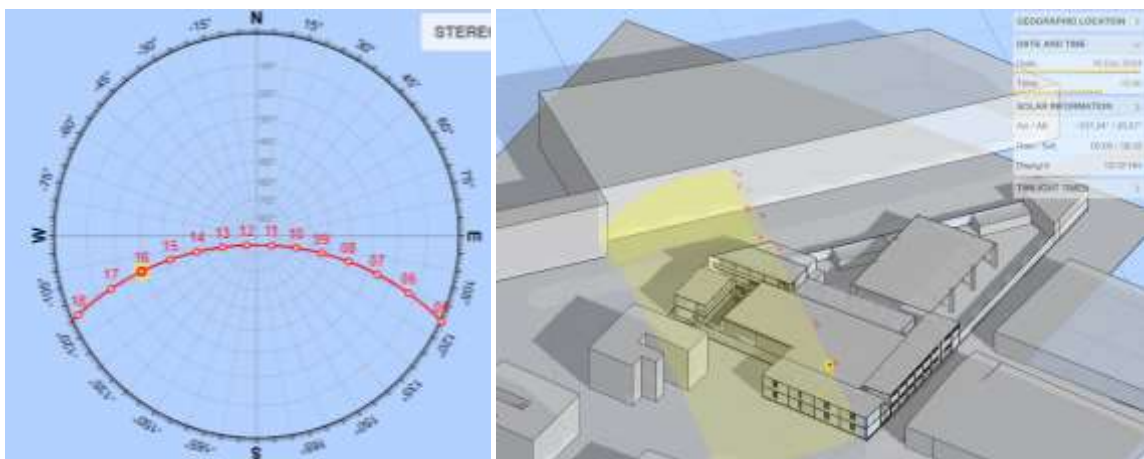
*Situación ambiental exterior para prueba pre experimental*



*Nota\**. Se muestra la carta solar y la influencia del sol sobre el edificio educativo a las 10:00 horas, para realizar la toma de muestras pre experimentales.

## Imagen 24

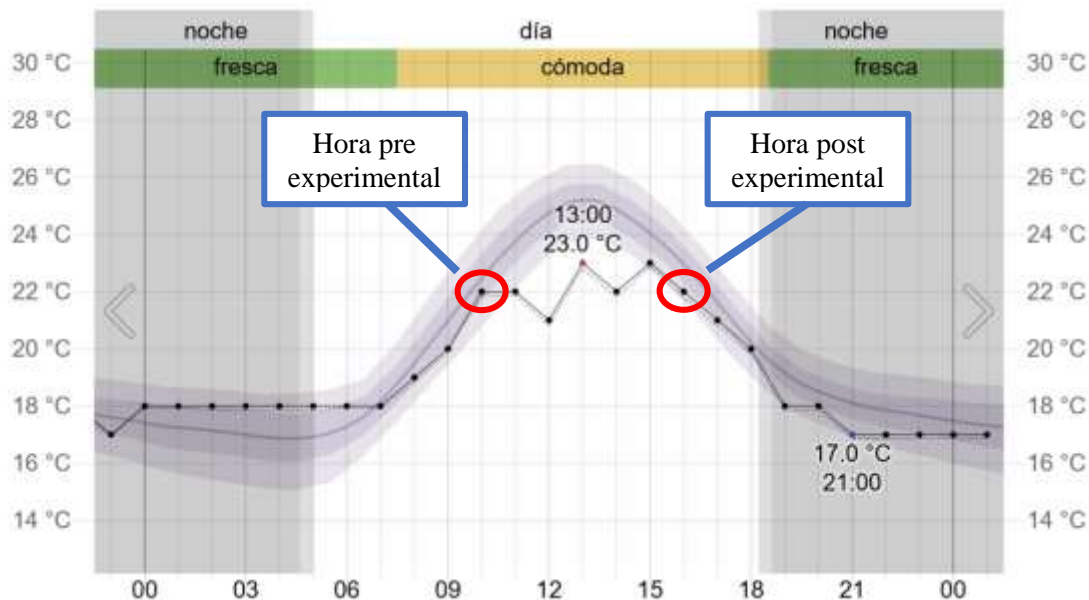
*Situación ambiental exterior para prueba post experimental*



*Nota\**. Se muestra la carta solar y la influencia del sol sobre el edificio educativo a las 16:00 horas, para realizar la toma de muestras post experimentales.

## Imagen 25

### Temperatura ambiental exterior



*Nota\**. Se observa que la temperatura ambiental exterior para el día 16 de diciembre del 2024, los datos provienen de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Coronel FAP Carlos Ciriani Santa Rosa.

**4.4.1.3. Consideraciones sobre las Mediciones Físicas y Ambientales.** Se da inicio a las mediciones de los parámetros que conforman las estrategias bioclimáticas de ventilación natural (parámetros arquitectónicos), así como el registro de datos relacionados al confort térmico (temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica).

Se utilizó trabajó con un grupo experimental conformado por las 12 aulas, donde se reconocieron cambios en la apertura de ventilación y en la protección solar entre las 10:00 y 16:00 horas en 4 aulas con orientación oeste y suroeste. El grupo de control está conformado por las 12 aulas para observar los cambios del confort térmico mostrados que se presente en comparación con el grupo experimental, las cuales serán medidas con los instrumentos de medición ambiental.

La toma de muestras dio inicio el día 16 de diciembre del 2024 en dos horarios distintos, a las 10:00 horas para el registro de los indicadores del confort (temperatura del aire,

temperatura media radiante y velocidad del aire) pre experimental en 12 unidades de muestra; durante intercambio del turno mañana y tarde, se procede a realizar una reducción del 100 % en la apertura de vanos exteriores y se genera protección solar en 100 % del área de ventana exterior utilizando cortinas en el grupo experimental conformado por las aulas B-201, B-203, B-205 y B-207, siendo 4 aulas del segundo nivel con orientación de 322° y 229°.

Se procede a tomar registro de los indicadores del confort, a las 16:00 horas para registrar los datos postexperimentales. Los instrumentos utilizados fueron la ficha de observación, anemómetro y termómetro de infrarrojos.

**4.4.1.4. Cálculo del Confort Térmico.** Después de realizar las mediciones ambientales, se procede a realizar el cálculo del confort térmico utilizando el software *CBE Thermal Comfort Tool*.

Se ingresa los valores de temperatura del aire, temperatura radiante media y velocidad del aire. Los parámetros que definen la zona de confort para este cálculo son el nivel de arropamiento, nivel de actividad y humedad relativa; asimismo, ASHRAE (2023) define que el nivel de arropamiento en espacios educativos como colegios tiene un valor de 0,76 Clo, el nivel de actividad es de 1,20 Met, donde la actividad principal es estar sentado, escribiendo y leyendo. La humedad relativa en el mes de diciembre en la ciudad de Tacna es del 76 % (Wieser, 2014).

#### **4.4.2. Protocolo de Investigación de Laboratorio**

El análisis de los datos recolectados en campo se llevó a cabo en el laboratorio, utilizando el software de análisis estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* [SPSS]. El objetivo fue evaluar la influencia de la variable independiente *Estrategias bioclimáticas de ventilación natural* con la variable dependiente *Confort térmico*, comparando los resultados pre y post de las dimensiones de (a) temperatura operativa, (b) sensación térmica, y (c) la insatisfacción térmica.

Se siguieron procedimientos específicos para la entrada y procesamiento de datos asegurando la fiabilidad de los resultados.

#### 4.5. Método de Análisis de Datos

Los datos recogidos de campo y de laboratorio serán analizados de la siguiente manera:

##### 4.5.1. Preparación de Datos

Se realizó una verificación de los datos recogidos para corregir errores como valores atípicos o datos faltantes. Posteriormente, se procedió a codificar los datos de las variables de carácter cuantitativo.

Los datos recolectados se expresaron de la siguiente manera:

**Tabla 6**

*Datos del turno mañana – Muestra preexperimental*

Nombre	Código	Valor	Unidad de medida
Temperatura operativa – Pre	TO_PRE	Numérico	Grado Celsius (°C)
Insatisfacción térmica – Pre	PPD_PRE	Numérico	Porcentaje (%)
Sensación térmica – Pre	PMV_PRE	Numérico	Valor numérico

Nota\*. Se presentan las codificaciones correspondientes a las dimensiones del confort térmico sin modificaciones en las aperturas de ventilación.

**Tabla 7**

*Datos del turno tarde – Muestra postexperimental*

Nombre	Código	Valor	Unidad de medida
Temperatura operativa – Post	TO_POST	Numérico	Grado Celsius (°C)
Insatisfacción térmica – Post	PPD_POST	Numérico	Porcentaje (%)
Sensación térmica – Post	PMV_POST	Numérico	Valor numérico

Nota\*. Se presentan las codificaciones correspondientes a las dimensiones del confort térmico después de realizar modificaciones en las aperturas de ventilación.

##### 4.5.2. Análisis Descriptivo

**4.5.2.1. Prueba de Normalidad.** Se aplica la prueba de Shapiro-Wilk en muestras menores de 30 unidades para evaluar la normalidad de datos y verificar si no existe homogeneidad entre ellos. Esta prueba se aplica para comprobar las hipótesis específicas. De salir el valor de  $\alpha > 0,05$ ; entonces, indica que se puede proceder a realizar la prueba paramétrica.

A continuación, las pruebas de normalidad para las hipótesis específicas:

**Tabla 8**

*Prueba de normalidad de la hipótesis específica 1*

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temperatura operativa pre	0,233	12	0,071	0,897	12	0,144
Temperatura operativa post	0,263	12	0,021	0,868	12	0,062

Nota\*. Prueba de normalidad realizada en SPSS.

Se aplicó la prueba de normalidad para determinar si existe o no la distribución normal mediante el estadístico de Shapiro-Wilk encontrando que existe una distribución normal, porque  $\alpha > 0,05$ ; para ello, se determinó la prueba paramétrica de t-Student.

**Tabla 9**

*Prueba de normalidad de la hipótesis específica 2*

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sensación térmica pre	0,228	12	0,086	0,893	12	0,130
Sensación térmica post	0,263	12	0,022	0,870	12	0,065

Nota\*. Prueba de normalidad realizada en SPSS.

Se aplicó la prueba de normalidad para determinar si existe o no la distribución normal mediante el estadístico de Shapiro-Wilk encontrando que existe una distribución normal, porque  $\alpha > 0,05$ ; para ello, se determinó la prueba paramétrica de t-Student.

**Tabla 10**

*Prueba de normalidad de la hipótesis específica 3*

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Insatisfacción térmica pre	0,265	12	0,020	0,891	12	0,120
Insatisfacción térmica post	0,295	12	0,005	0,856	12	0,044

*Nota\**. Prueba de normalidad realizada en SPSS.

Se aplicó la prueba de normalidad para determinar si existe o no la distribución normal mediante el estadístico de Shapiro-Wilk encontrando que existe una distribución normal, porque  $\alpha > 0,05$ ; para ello, se determinó la prueba paramétrica de t-Student.

### 4.5.3. Análisis Inferencial

**4.5.3.1. Comprobación de la Hipótesis Específica 1.** Una vez demostrado que los datos presentan una distribución normal, se procede a aplicar el método t de Student con un nivel de significancia de 5 %.

a) Planteamiento de la hipótesis específica 1

**H<sub>0</sub>:** Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural no influyen significativamente en la variación de la temperatura operativa en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

**H<sub>1</sub>:** Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la temperatura operativa en aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

**Tabla 11**

*Estadística de muestras emparejadas de la hipótesis específica 1*

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>			
Media	N	Desv. estándar	Media de error estándar

Temperatura operativa pre	23,5967	12	0,50302	0,14521
Temperatura operativa post	25,1775	12	1,00962	0,29145

Nota\*. Realizado en SPSS.

**Tabla 12**

*Correlaciones de muestras emparejadas de la hipótesis específica 1*

<b>Correlaciones de muestras emparejadas</b>			
	N	Correlación	Significación P de dos factores
Temperatura operativa pre y temperatura operativa post	12	0,685	0,014

Nota\*. Realizado en SPSS.

**Tabla 13**

*Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis específica 1*

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>								
	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. bilateral	
	Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior				Superior
Temperatura operativa pre - temperatura operativa post	-1,58083	0,75901	0,21911	-2,06309	-1,09858	-7,215	11	<0,001

Nota\*. Realizado en SPSS.

#### b) Conclusión

Como se puede observar en la tabla 16, con un valor de  $p < 0,001$  (Sig. bilateral) menor que  $\alpha = 0,05$ , indica que se rechaza hipótesis nula con un nivel de significancia del 0,05 y se acepta la hipótesis alternativa, quiere decir que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la temperatura operativa en aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

**4.5.3.2. Comprobación de la Hipótesis Específica 2.** Una vez demostrado que los datos presentan una distribución normal, se procede a aplicar el método t de Student con un nivel de significancia de 5 %.

a) Planteamiento de la hipótesis específica 2

**Ho:** Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural no influyen significativamente en la variación de la sensación térmica estimada en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

**H1:** Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la sensación térmica estimada en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

**Tabla 14**

*Estadística de muestras emparejadas de la hipótesis específica 2*

<b>Estadísticas de muestras emparejadas</b>				
	Media	N	Desv. Estándar	Media de error estándar
Sensación térmica pre	0,3300	12	0,13518	0,03902
Sensación térmica post	0,7558	12	0,27111	0,07826

*Nota\**. Realizado en SPSS.

**Tabla 15**

*Correlaciones de muestras emparejadas de la hipótesis específica 2*

<b>Correlaciones de muestras emparejadas</b>			
	N	Correlación	Significación P de dos factores
Sensación térmica pre y sensación térmica post	12	0,691	0,013

*Nota\**. Realizado en SPSS.

**Tabla 16**

*Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis específica 2*

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>				
Diferencias emparejadas	t	gl	Sig.	

	Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia			bilateral
				Inferior	Superior		
Sensación térmica pre - Sensación térmica post	0,42583	0,20286	0,05856	-0,55473	-0,29694	-7,272	11 <0,001

Nota\*. Realizado en SPSS.

#### b) Conclusión

Como se puede observar en la tabla 19, con un valor de  $p < 0,001$  (Sig. bilateral) menor que  $\alpha=0,05$ , indica que se rechaza hipótesis nula con un nivel de significancia del 0,05 y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la sensación térmica estimada en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

**4.5.3.3. Comprobación de la Hipótesis Específica 3.** Una vez demostrado que los datos presentan una distribución normal, se procede a aplicar el método t de Student con un nivel de significancia de 5 %.

#### a) Planteamiento de la hipótesis específica 3

**H<sub>0</sub>:** Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural no influyen significativamente en la variación de la insatisfacción térmica en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

**H<sub>1</sub>:** Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la insatisfacción térmica en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

### Tabla 17

*Estadística de muestras emparejadas de la hipótesis específica 3*

Estadísticas de muestras emparejadas			
Media	N	Desv. estándar	Media de error estándar

Insatisfacción térmica pre	7,5833	12	1,67649	0,48396
Insatisfacción térmica post	17,7500	12	8,36796	2,41562

Nota\*. Realizado en SPSS

**Tabla 18**

*Correlaciones de muestras emparejadas de la hipótesis específica 3*

Correlaciones de muestras emparejadas			
	N	Correlación	Sig. Bilateral
Insatisfacción térmica pre e insatisfacción térmica post	12	0,724	0,008

Nota\*. Realizado en SPSS.

**Tabla 19**

*Prueba de muestras emparejadas de la hipótesis específica 3*

Prueba de muestras emparejadas								
	Media	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. Bilateral
		Desv. estándar	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Insatisfacción térmica pre - Insatisfacción térmica post	- 10,16667	7,24673	2,09195	- 14,77102	-5,56231	- 4,860	11	<0,001

Nota\*. Realizado en SPSS.

#### b) Conclusión

Como se puede observar en la tabla 22, con un valor de  $p < 0,001$  (Sig. bilateral) menor que  $\alpha=0,05$ , indica que se rechaza hipótesis nula con un nivel de significancia del 0,05 y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la insatisfacción térmica en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

**4.5.3.4. Comprobación de la Hipótesis General.** Al presentar datos de carácter dicotómico, corresponde aplicar la prueba de McNemar con un nivel de significancia de 5 %.

#### a) Planteamiento de la hipótesis general

**H<sub>0</sub>:** Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural no influyen en el confort térmico en aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

**H<sub>1</sub>:** Las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen en el confort térmico en aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024.

**Tabla 20**

*Prueba de McNemar*

		<b>Tabla cruzada confort pre*confort post</b>				Total	
		Confort post		No cumple			
Confort pre	Sí cumple	N	%	N	%	N	%
		No cumple	0	0,0 %	1	9,1 %	1
Total		1	100,0 %	11	100,0 %	12	100,0 %

Nota\*. Realizado en SPSS.

**Tabla 21**

*Prueba de chi cuadrado*

<b>Pruebas de chi-cuadrado</b>	
	Significación exacta (bilateral)
Prueba de McNemar	0,002 <sup>a</sup>
N de casos válidos	12

Nota\*. Realizado en SPSS.

#### b) Conclusión

Como se puede observar en la tabla 24, con un valor de  $p=0,002$  (Sig. bilateral) menor que  $\alpha=0,05$ , indica que se rechaza la hipótesis nula con un nivel de significancia del 0,05 y se acepta la hipótesis alternativa, quiere decir que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen en el confort térmico en aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín, Tacna 2024

#### 4.5.4. Herramientas y Software

El análisis de datos se llevó a cabo utilizando el software SPSS para estadísticas descriptivas, pruebas de hipótesis, modelado y visualización de datos.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1. Presentación de Resultados**

En este capítulo se presenta el proceso de recolección y análisis de los datos de la investigación, los siguientes resultados corresponden a los objetivos específicos y al objetivo general, demostrando de manera descriptiva y cuantitativa como las estrategias bioclimáticas de ventilación natural tienen una influencia en el confort térmico en dos momentos del día de manera experimental.

A continuación, se muestran los siguientes resultados:

##### ***5.1.1. Parámetros de Enfriamiento Pasivo, Forma del Edificio y Ventilación Cruzada***

Respecto al objetivo específico 1, se identificó y se realizó la toma de medidas las dimensiones de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural propuestas por el estado peruano para tener una influencia favorable en el confort térmico en zonas con clasificación bioclimática de desértica como la ciudad de Tacna.

Los siguientes parámetros de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural corresponden a la prueba pre y post experimental realizados a las 10:00 y 16:00 horas los cuales fueron extraídos del *Anexo B.01*.

**Tabla 22***Parámetros para la prueba pre experimental*

	A-101	A-103	A-105	A-107	A-108	A-110	B-201	B-203	B-205	B-207	B-208	B-209
V/M <sub>IN</sub>	59 %	45 %	61 %	41 %	52 %	52 %	59 %	45 %	61 %	61 %	52 %	52 %
V/M <sub>EX</sub>	10 %	10 %	21 %	9 %	10 %	10 %	10 %	10 %	21 %	19 %	10 %	10 %
AV <sub>IN</sub>	3,20m <sup>2</sup>	3,20m <sup>2</sup>	3,30m <sup>2</sup>	1,09m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>	3,20m <sup>2</sup>	3,20m <sup>2</sup>	3,30m <sup>2</sup>	3,35m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>
AV <sub>EX</sub>	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	0,80m <sup>2</sup>	0,40m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	0,80m <sup>2</sup>	0,80m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>
PS <sub>IN</sub>	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m
PS <sub>EX</sub>	0,00m	0,00m	0,00m	0,00m	0,00m	0,00m	0,00m	0,00m	0,00m	0,00m	0,00m	0,00m
O	322°	322°	229°	229°	139°	139°	322°	322°	229°	229°	139°	139°
EC	1,17	1,18	1,24	1,39	1,39	1,39	1,17	1,18	1,24	1,39	1,39	1,39
F	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal
N	0,15m	0,15m	0,15m	0,15m	0,15m	0,15m	3,35m	3,35m	3,35m	3,35m	3,35m	3,35m
CE	2	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1

*Nota\**. Los valores mostrados fueron recopilados en campo con registro en fichas de observación donde los valores V/M y AV corresponden a la estrategia de ventilación cruzada, PS corresponde a la estrategia de protección solar y los valores de O, EC, F, N, CE corresponden a la estrategia de forma del edificio.

**Tabla 23***Parámetros para la prueba post experimental*

	A-101	A-103	A-105	A-107	A-108	A-110	B-201	B-203	B-205	B-207	B-208	B-209
V/M <sub>IN</sub>	59 %	45 %	61 %	41 %	52 %	52 %	59 %	45 %	61 %	61 %	52 %	52 %
V/M <sub>EX</sub>	10 %	10 %	21 %	9 %	10 %	10 %	10 %	10 %	21 %	19 %	10 %	10 %
AV <sub>IN</sub>	3,20m <sup>2</sup>	3,20m <sup>2</sup>	3,30m <sup>2</sup>	1,09m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>	3,20m <sup>2</sup>	3,20m <sup>2</sup>	3,30m <sup>2</sup>	3,35m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>
AV <sub>EX</sub>	0,00m <sup>2</sup>	0,00m <sup>2</sup>	0,00m <sup>2</sup>	0,00m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	0,00m <sup>2</sup>	0,00m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>
PS <sub>IN</sub>	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m	2,15m
PS <sub>EX</sub>	0,90m	0,90m	0,90m	0,90m	0,00m	0,00m	0,00m	0,00m	0,90m	0,90m	0,00m	0,00m
O	322°	322°	229°	229°	139°	139°	322°	322°	229°	229°	139°	139°
EC	1,17	1,18	1,24	1,39	1,39	1,39	1,17	1,18	1,24	1,39	1,39	1,39
F	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal
N	0,15m	0,15m	0,15m	0,15m	0,15m	0,15m	3,35m	3,35m	3,35m	3,35m	3,35m	3,35m
CE	2	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1

*Nota\**. V/M<sub>in</sub> = Relación ventana/muro exterior; V/M<sub>ext</sub> = Relación ventana/muro interior; AV<sub>in</sub> = Apertura de vanos interior, AV<sub>ext</sub> = Apertura de vanos exterior; PS<sub>in</sub> = Protección solar interior; PS<sub>ex</sub> = Protección solar exterior, O = Orientación del edificio, EC = Elongación /compacidad; F = Forma del edificio; N = Nivel respecto al suelo; CE = Caras exteriores.

**Imagen 26**

*Aulas con ventanas altas horizontales*



Nota\*. Se realizaron las mediciones de las dimensiones de las aulas cuando se encontraban desocupadas, este tipo de aulas se ubican orientadas al oeste.

**Imagen 27**

*Aulas con ventanas altas verticales*



Nota\*. Este tipo de aulas se encuentran orientadas al norte y sur.

En la tabla 22 y 23, se muestran los resultados de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural identificadas y medidas en campo, de esta manera, mostrando los valores

de la estrategia de ventilación cruzada (Proporción ventana muro (V/M) y Área de ventilación (AV)), de la estrategia de enfriamiento pasivo (Protección solar (PS) y de la estrategia de forma del edificio (Orientación del edificio (O), Elongación y compacidad (EC), Forma del edificio (F), Nivel respecto al suelo (N) y Caras exteriores (CE)).

### 5.1.2. Condiciones Térmicas Ambientales

Respecto al objetivo específico 2, se realizó las mediciones de las condiciones térmicas ambientales a las 10:00 y 16:00 horas desde el 16 al 19 de diciembre del 2024 en las aulas seleccionadas para la investigación.

**Tabla 24**

*Mediciones ambientales*

Aula	Temperatura de aire [°C]		Temperatura radiante media [°C]		Velocidad del Aire [m/s]	
	10:00 horas	16:00 horas	10:00 horas	16:00 horas	10:00 horas	16:00 horas
A-101	25,70	27,40	21,63	22,46	0,00	0,00
A-103	26,00	26,90	21,63	22,68	0,00	0,00
A-105	26,00	25,50	21,72	23,07	0,00	0,00
A-107	26,50	26,60	21,47	22,80	0,00	0,00
A-108	24,70	26,20	20,45	21,00	0,00	0,00
A-110	25,30	26,50	21,38	22,71	0,00	0,00
B-201	25,00	27,80	22,57	25,35	0,00	0,00
B-203	25,50	27,80	22,34	24,66	0,00	0,00
B-205	25,70	27,40	22,78	25,87	0,00	0,00
B-207	25,50	27,80	22,42	24,99	0,00	0,00
B-208	25,00	26,20	21,22	23,28	0,00	0,00
B-209	24,70	26,00	21,12	23,26	0,00	0,00

*Nota\**. La temperatura del aire, temperatura radiante media y la velocidad del aire fueron registradas sincrónicamente en cada aula utilizando los instrumentos digitales por el investigador, las aulas con prefijo A están ubicadas en el primer nivel y las del prefijo B están en el segundo nivel.

En la tabla 24, se muestran los resultados de las mediciones realizadas en campo a las 10:00 y 16:00 horas al interior de las aulas. Estos fueron registrados a partir de lo indicado por el anemómetro y termómetro de infrarrojos, pudiendo registrar las variaciones de la temperatura del aire, temperatura radiante media y la velocidad del aire.

### 5.1.3. Temperatura Operativa, Sensación Térmica e Insatisfacción térmica

Los resultados obtenidos de la temperatura del aire, temperatura radiante media y velocidad del aire fueron procesados con el software *CBE Thermal Comfort Tool* de la *Universidad de Berkley California*. Esto muestra la temperatura operativa, la sensación térmica, la insatisfacción térmica y si cumple con la norma *ASHARE 55-2023*, evidenciándose esto en el *Anexo D*.

Respecto al objetivo específico 3, se presenta los resultados de las pruebas pre y post experimentales donde se muestran las variaciones en la temperatura operativa, sensación térmica e insatisfacción térmica registradas de las 12 aulas.

- a) Se presenta los resultados de las variaciones en la temperatura operativa en las 12 aulas.

**Tabla 25**

*Resultado de la temperatura operativa pre y post experimental*

<b>Aula</b>	<b>TO Pre experimental (°C)</b>	<b>TO Post experimental (°C)</b>
A-101	23,67	24,93
A-103	23,81	24,79
A-105	23,86	24,29
A-107	23,98	24,70
A-108	22,57	23,60
A-110	23,34	24,61
B-201	23,79	26,58
B-203	23,92	26,23
B-205	24,24	26,64
B-207	23,96	26,39
B-208	23,11	24,74
B-209	22,91	24,63

*Nota\**. Producto de la media aritmética de la temperatura del aire y de las superficies se obtiene la temperatura operativa de las aulas correspondientes a las 10:00 y 16:00 horas.

Según la tabla 25, los valores iniciales de la temperatura operativa muestran como máximo 24,24°C y como mínimo 22,57°C; después del experimento, se obtiene como temperatura operativa máxima de 26,64°C como mínimo de 23,60°C. El resultado de la prueba estadística T de Student da un valor de -7,215 con un nivel de significancia de  $p < 0,001$ ,

demostrándose que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural sí influyen significativamente en la variación de la temperatura operativa.

- b) Se presenta los resultados de las pruebas pre y post experimentales de las variaciones de la sensación térmica registrada de las 12 aulas.

**Tabla 26**

*Resultado de la sensación térmica (PMV) pre y post experimental*

<b>Aula</b>	<b>PMV Pre experimental</b>	<b>PMV Post experimental</b>
A-101	0,35	0,69
A-103	0,39	0,65
A-105	0,40	0,52
A-107	0,43	0,63
A-108	0,05	0,33
A-110	0,26	0,60
B-201	0,38	1,13
B-203	0,42	1,04
B-205	0,50	1,15
B-207	0,43	1,08
B-208	0,20	0,64
B-209	0,15	0,61

*Nota\**. Después de ingresar los datos de la temperatura operativa de cada aula en el programa *CBE Thermal Comfort Tool*, se obtiene el valor numero de la sensación térmica pre y post experimento.

Según la tabla 26, los valores iniciales de la sensación térmica (PMV) muestran como máximo +0,50 y como mínimo +0,05. Después del experimento, se obtiene un PMV máximo de +1,15 y como mínimo +0,33. El resultado de la prueba estadística T de Student da un valor de -7,272 con un nivel de significancia de  $p < 0,001$ , demostrándose que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural sí influyen significativamente en la variación de la sensación térmica.

- c) Se presenta los datos de la insatisfacción térmica pre y post experimental registrado de las 12 aulas.

**Tabla 27**

*Resultados de la insatisfacción térmica (PPD) pre y post experimental*

<b>Aula</b>	<b>PPD Pre experimental (%)</b>	<b>PPD Post experimental (%)</b>
A-101	8,00	15,00
A-103	8,00	14,00
A-105	8,00	11,00
A-107	9,00	13,00
A-108	5,00	7,00
A-110	6,00	13,00
B-201	8,00	22,00
B-203	9,00	28,00
B-205	10,00	33,00
B-207	9,00	30,00
B-208	6,00	14,00
B-209	5,00	13,00

*Nota\**. El programa *CBE Thermal Comfort Tool* con la obtención del PMV (sensación térmica) de cada aula puede estimar el porcentaje de insatisfacción térmica de los usuarios antes y después del experimento.

Según la tabla 27, los valores iniciales de la insatisfacción térmica (PPD) muestra como máximo 10 % y como mínimo 5 %; después del experimento, se obtiene un PPD máximo de 33 % y como mínimo 7 %. El resultado de la prueba estadística T de Student da un valor de -4,870 con un nivel de significancia de  $p < 0,001$ , demostrándose que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural sí influyen significativamente en la variación de la insatisfacción térmica de los usuarios de las aulas.

#### **5.1.4. Confort Térmico**

Respecto al objetivo general, se presenta los datos del confort térmico pre y post experimental registrado de las 12 aulas; para ello, se utilizó la herramienta *CBE Thermal Comfort Tool*.

**Tabla 28**

*Resultados del confort térmico*

<b>Aula</b>	<b>Confort térmico pre</b>	<b>Confort térmico post</b>
-------------	----------------------------	-----------------------------

A-101	Sí cumple	No cumple
A-103	Sí cumple	No cumple
A-105	Sí cumple	No cumple
A-107	Sí cumple	No cumple
A-108	Sí cumple	Sí cumple
A-110	Sí cumple	No cumple
B-201	Sí cumple	No cumple
B-203	Sí cumple	No cumple
B-205	No cumple	No cumple
B-207	Sí cumple	No cumple
B-208	Sí cumple	No cumple
B-209	Sí cumple	No cumple

*Nota\**. El programa *CBE Thermal Comfort Tool* conforme a la norma ASHRAE 55 -2023, nos determina si cada aula cumple o no con estándar de confort térmico.

Según la tabla 28, el confort térmico se cumple en once muestras y no se cumple en una; tras el experimento, el confort térmico se cumple en una muestra y no se cumple en once. El resultado de la prueba estadística de McNemar refleja un nivel de significancia de  $p = 0,002$ , el cual indica que los datos no suceden de manera aleatoria, demostrándose que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural sí influyen significativamente en el confort térmico.

## 5.2. Análisis y Explicación de Resultados

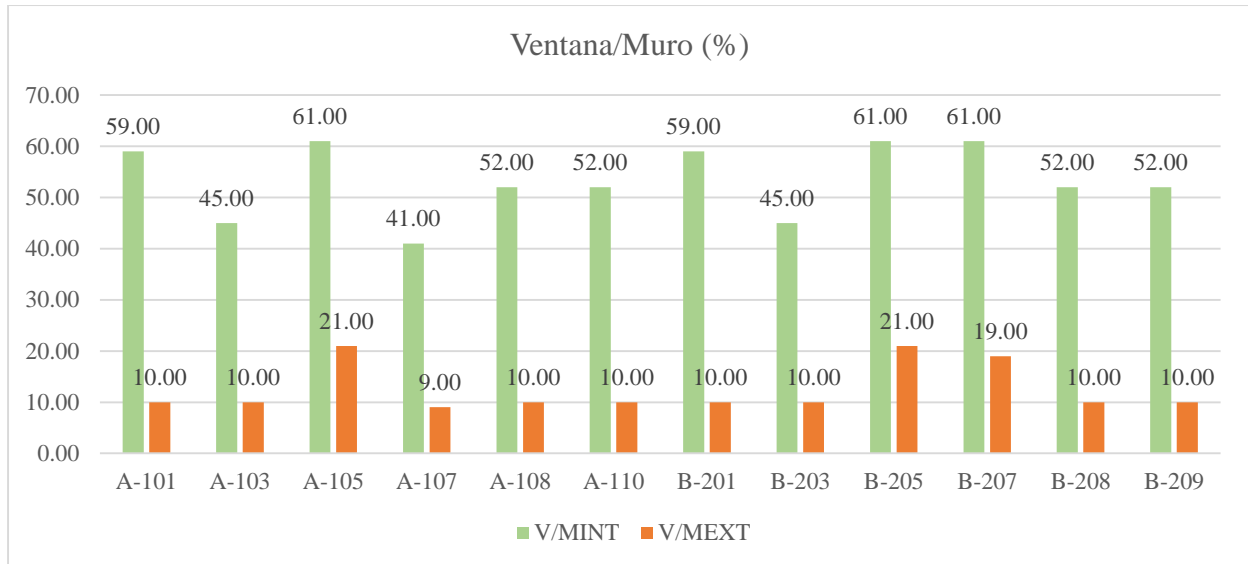
A continuación, se procede con el análisis y explicación de los resultados obtenidos en la investigación:

### 5.2.1. *Parámetros de Enfriamiento Pasivo, Forma del Edificio y Ventilación Cruzada*

Según la tabla 22 y 23, se obtiene las siguientes imágenes, las cuales sirvieron para analizar descriptivamente y explicar los parámetros de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural existentes en las aulas.

## Imagen 28

Valores existentes del indicador ventana/muro interno y externo



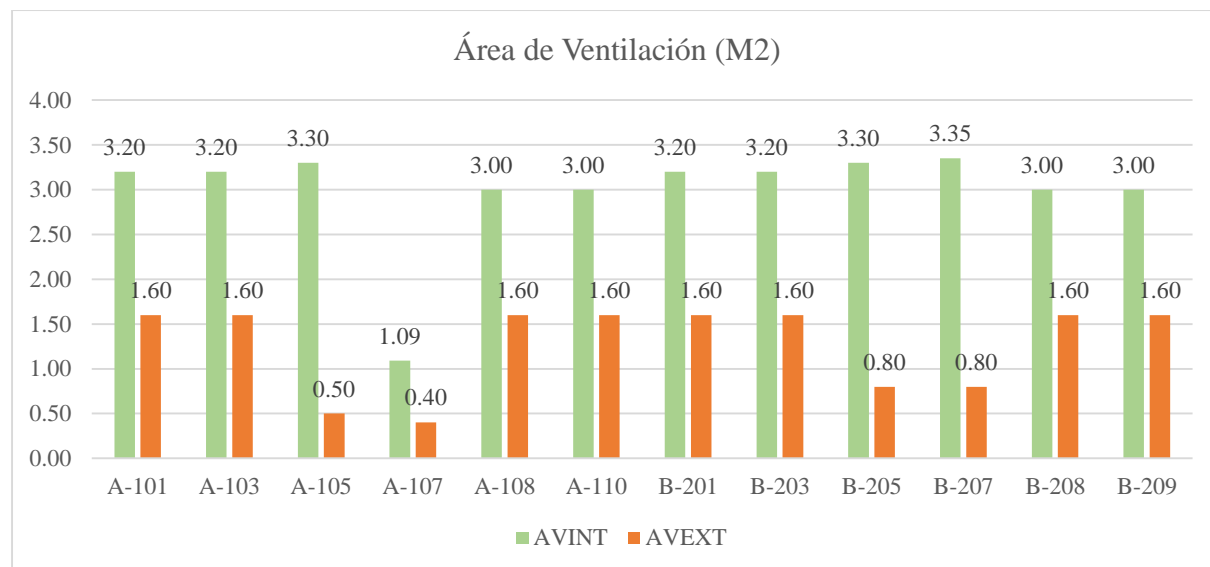
*Nota\**. Se muestran los datos de la relación Ventana/Muro interno y externos existentes en las aulas. Este indicador pertenece a la estrategia de ventilación cruzada.

La imagen 28 indica los valores existentes para la relación ventana/muro interno, en la cual muestra un intervalo de 41 % a 61 %, donde el menor valor corresponde al aula A-107 y el mayor en las aulas A-105, B-205 y B-207. Para el indicador ventana/muro externo, muestra un intervalo de 9 % a 21 %, donde el menor valor se pertenece al aula A-107 y el mayor a las aulas A-105 y B-205.

Según la imagen 28, las aulas presentan una relación ventana/muro interior entre 52 a 61 % y la relación ventana/muro exterior es del 10 % en su mayoría. Esto tiene un gran impacto en el confort térmico, debido a las capacidades de transmisión térmica muy altas propias de este material, esto influye principalmente en la medición de la temperatura radiante media, debido a que la temperatura exterior tiende a enfriar o calentar más el ambiente interior a causa del área de ventana que ocupa en los muros y el impacto que tienen con la radiación solar durante el día.

## Imagen 29

Valores existentes del indicador área de ventilación



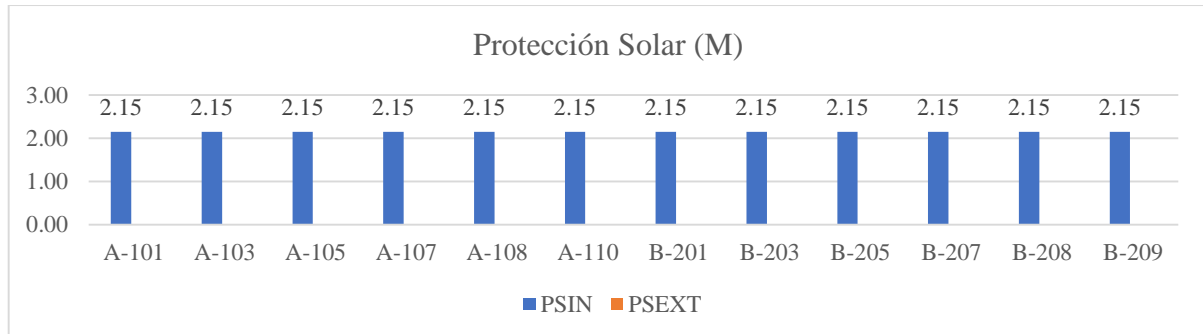
Nota\*. Se muestran los datos de las Áreas de ventilación interno y externos existentes en las aulas. Este indicador pertenece a la estrategia de ventilación cruzada.

La imagen 29 indica los valores existentes del área de ventilación interno, donde muestra un intervalo de  $1,09\text{m}^2$  a  $3,35\text{m}^2$ , donde el menor valor corresponde al aula A-107 y el mayor en el aula B-207. Para el indicador área de ventilación externo, muestra un intervalo de  $0,40\text{m}^2$  a  $1,60\text{m}^2$ , donde el menor valor se pertenece al aula A-107 y el mayor a las aulas A-101, A-103, A-108, A-110, A-201, B-208 y B-209.

Según la imagen 29, se puede observar que casi en su totalidad se cuenta con un área de ventilación interna de  $3,30\text{m}^2$  aproximadamente, a excepción del aula A-107 que tiene  $1,09\text{m}^2$ . Por otra parte, el área de ventilación externa es de  $1,60\text{m}^2$  en la mayoría de las aulas, excepto en las aulas A-105, A-107, B-205 y B-207. De esta manera, en climas con tendencia al calor, las aulas con menor área para el ingreso y salida del aire tienden a tener una ventilación deficiente para mantener un ambiente fresco afectando de esta manera al confort térmico.

### Imagen 30

#### Valores existentes del indicador protección solar



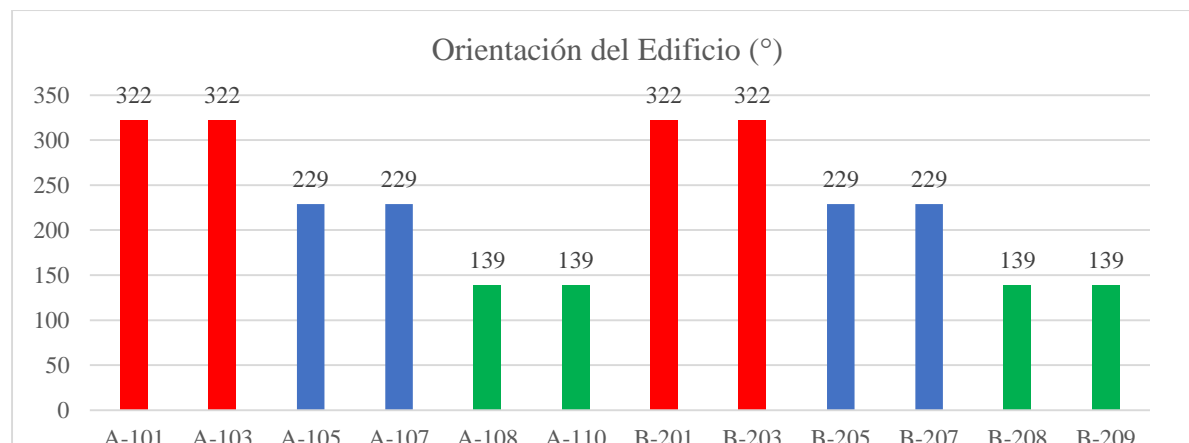
*Nota\**. Se muestran los datos de la Protección solar interna y externa existente en las aulas. Este indicador pertenece a la estrategia de enfriamiento pasivo.

La imagen 30 indica los valores existentes de la protección solar interna, donde nos muestra un valor estable de 2.15m en todas las aulas. Para el indicador protección solar externa, muestra un valor estable de 0,00m, en todas sus aulas.

De la imagen 30, se aprecia que, al tener una longitud de 2,15m a lo largo de la cara interna de los salones en dirección al patio interno, esta garantiza que los rayos solares no incidan directamente sobre las superficies vidriadas y por los accesos a las aulas, de manera contraria las caras externas presentan una nula longitud en su cara externa; por lo cual, según la orientación del edificio, las superficies vidriadas y muros exteriores tendrán ganancias excesivas de calor afectando en control del clima interior, afectando al confort térmico al interior de las aulas.

### Imagen 31

Valores existentes del indicador Orientación del edificio



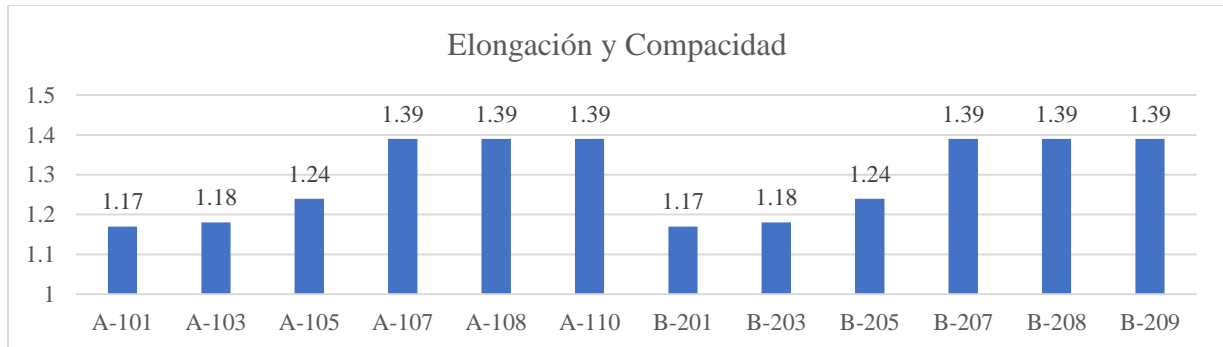
*Nota\**. Se muestran los datos de la Orientación del edificio correspondiente a las aulas. Este indicador pertenece a la estrategia de forma del edificio.

La imagen 31 indica los valores existentes de la orientación del edificio respecto al norte cartográfico, donde nos muestra tres valores estables de, donde 322° para las aulas A-101, A-103, B-201 y B-203, 229° para las aulas A-105, A-107, B-205 y B-207, finalmente 139° para las aulas A-108, A-110, B-208 y B-209.

Los valores mostrados en la imagen 31 son respecto a la orientación de la cara externa de las aulas respecto al norte cartográfico, de esta manera según los criterios bioclimáticos de orientación que establece el MINEDU, las caras exteriores de las aulas deben estar orientadas al norte (0°) o al sur (180°), de los cuantes los más próximos a estos ángulos son las aulas A-101, A-103, A-108, A-110, B-201, B-203, B-208 y B-209. Las aulas A-105, A-107, B-205 y B-207 tienen una orientación al oeste (229°), por lo tanto, tendrán mayores ganancias de calor por las tardes, esto es perjudicial en el confort térmico al interior de las aulas si no se cuentan con elementos de protección solar en aulas con este tipo de orientación.

### Imagen 32

Valores existentes del indicador *Elongación y compacidad*



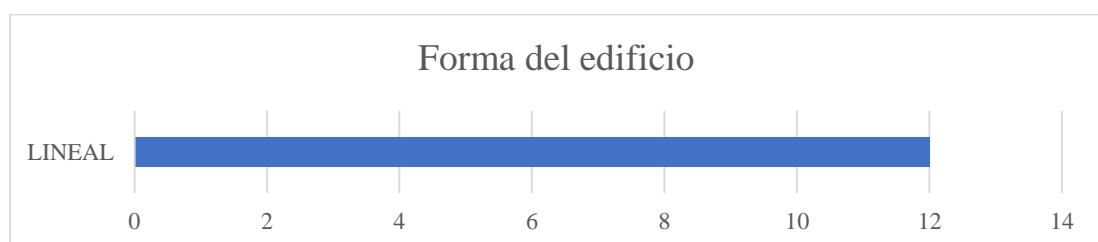
*Nota\**. Se muestran los datos de la Elongación y compacidad existente en las aulas. Este indicador pertenece a la estrategia de forma del edificio.

La imagen 32 indica los valores existentes de la elongación y compacidad (longitud/ancho) presentes en las aulas, donde el valor mínimo de 1.17 se encuentra en las aulas A-101 y B-201, y el valor máximo de 1,39 en las aulas A-107, A-108, A-110, B-207, B-208 y B-209.

Los resultados mostrados en la imagen 32 indican que las aulas en su totalidad presentan una forma rectangular de acuerdo a la elongación y compacidad presentada, de esta manera las ventilación interna y externa se sitúa en los lados más largos para tener mejores ingresos de aire externo de acuerdo también a la orientación del edificio, buscando un mejor control en el confort térmico al interior de los ambientes.

### Imagen 33

Valores existentes del indicador *forma del edificio*



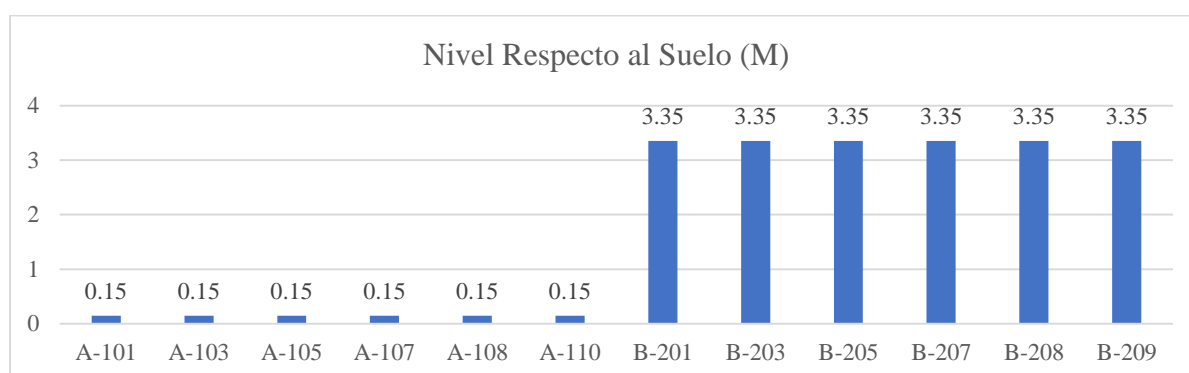
*Nota\**. Se muestran los datos de la forma del edificio existente en las aulas. Este indicador pertenece a la estrategia de forma del edificio.

La imagen 33 indica los valores existentes de forma del edificio, la cual indica que en todas las aulas es de forma lineal.

Los datos mostrados en la imagen 33 es la representación de que las aulas están organizadas en 3 bloques alrededor de un patio principal siendo agrupados de forma lineal, con el fin de generar una ventilación cruzada más eficiente y buscar un mejor control del clima ambiental interior.

### Imagen 34

*Valores existentes del indicador Nivel respecto al suelo*



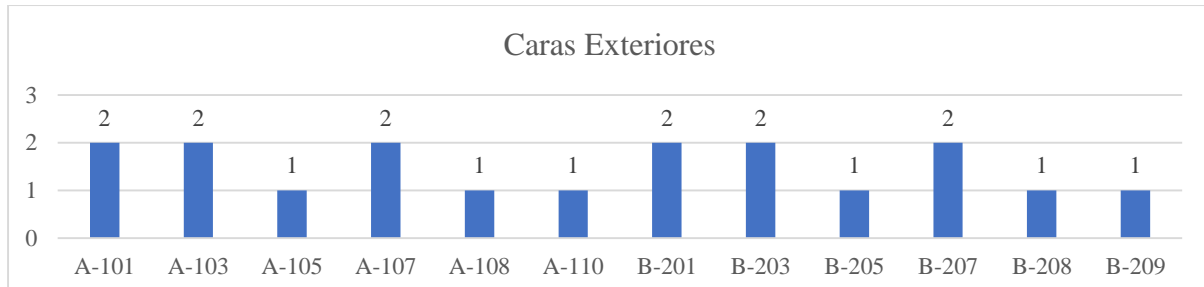
*Nota\**. Se muestran los datos del nivel respecto al suelo correspondiente a las aulas. Este indicador pertenece a la estrategia de forma del edificio.

La imagen 34 nos indica dos valores, donde el nivel +0.15m corresponde a las aulas A-101, A-103, A-105, A-107, A-108 y A-110, y el nivel +3.35m corresponde a las aulas B-201, B-203, B-205, B-207, B-208 y B-209.

Respecto a lo indicado a la imagen 34, las aulas situadas en el primer nivel con una altura respecto al suelo de +0,15m tienen menor impacto con el flujo de viento exterior; en cambio, los que presentan un nivel de +3,35m tendrán mejores captaciones de viento, pero también tendrán mayor exposición a la radiación solar en sus caras externas.

### Imagen 35

Valores existentes del indicador Caras exteriores



*Nota\**. Se muestran los datos del indicador caras exteriores correspondiente a las aulas. Este indicador pertenece a la estrategia de forma del edificio.

La imagen 34 indica la cantidad de caras exteriores que tienen las aulas de muestra, donde las aulas que presentan una cara al exterior son A-105, A-108, A-110, B-205, B-208 y B-209, y las aulas que presentan dos caras al exterior son A-101, A-103, A-107, B-201, B-203 y B-207.

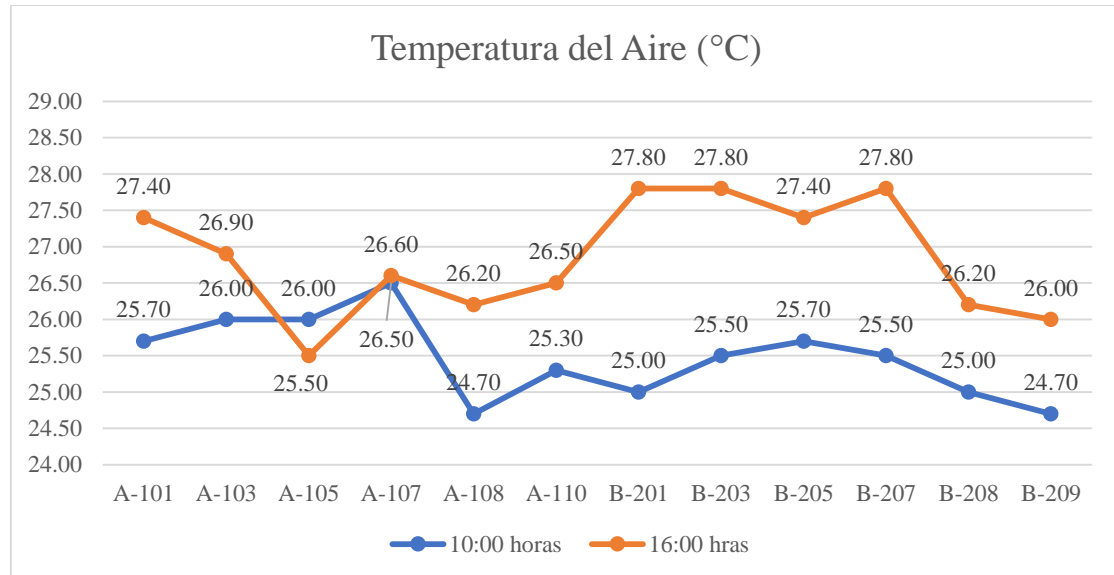
De acuerdo a la imagen 34, el 50 % de las aulas presentan 2 caras exteriores y el otro 50 % presenta 1 cara exterior. Esto influye en el confort térmico al interior debido a que, mientras más caras expuestas se tenga, mayor será la incidencia del clima exterior como el incremento de temperatura por la incidencia solar y el enfriamiento en las caras de los muros por el impacto de los flujos de viento.

#### 5.2.2. Condiciones Térmicas Ambientales

Según la tabla 24, se obtienen las siguientes imágenes que son el resultado de las mediciones ambientales realizadas a las 10:00 y 16:00 horas en las aulas.

### Imagen 36

#### Temperatura del aire al interior de las aulas



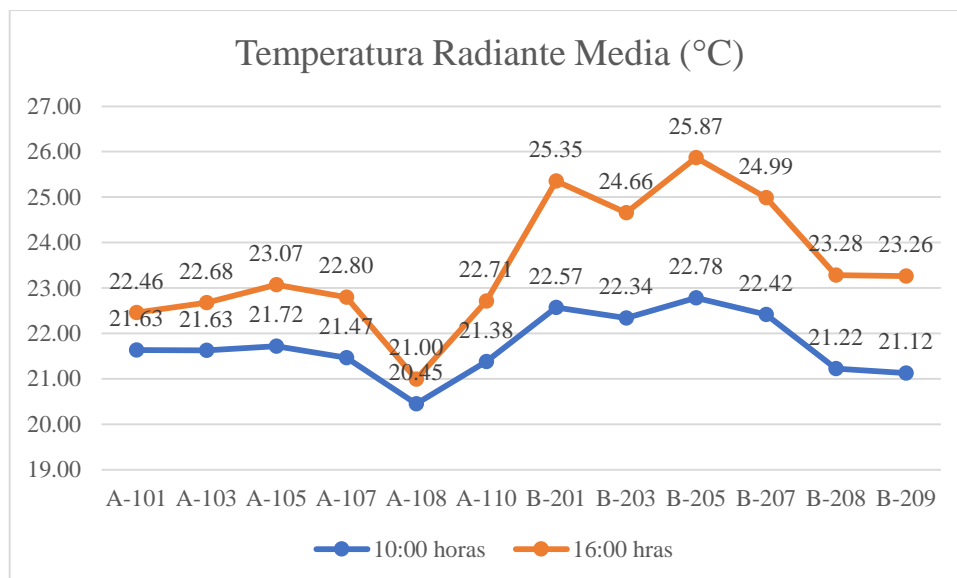
*Nota\**. Estos resultados fueron obtenidos a partir de la medición con el anemómetro, el cual nos indica la temperatura del aire al interior de las aulas ocupadas por los alumnos a las 10:00 y 16:00 horas.

Según la imagen 36, existe una variación notable respecto a la temperatura del aire, a las 16:00 horas se alcanza límites máximos de 27.80°C en las aulas B-207, B-203 y B-207 y una temperatura del aire mínima de 25.50°C en el aula A-105. A las 10:00 horas alcanza el límite máximo de 26.50°C en el aula A-107 y una temperatura mínima de 24.70°C en las aulas A-108 y B-209.

Estas variaciones mostradas en la imagen 36 son el resultado del calor producido por los estudiantes en combinación con la temperatura natural del aire exterior, reflejando las capacidades de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural aplicadas en las aulas para mantener un ambiente térmico agradable, donde a las 10:00 horas la temperatura es menor que a las 16:00 observándose que existe una tendencia creciente en la temperatura del aire.

### Imagen 37

#### *Temperatura Radiante Media en las Aulas*



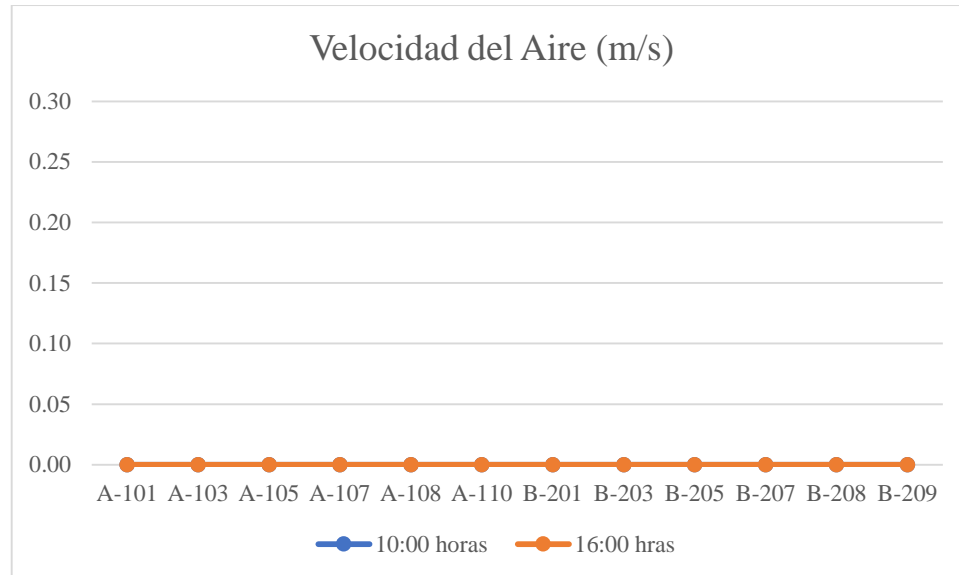
*Nota\**. Estos resultados fueron obtenidos a partir de la medición con el termómetro de infrarrojos, mostrándose el promedio de la temperatura de las superficies envolventes de las aulas como muros, pisos, techos y ventanas del lado interior de las aulas ocupadas por los alumnos a las 10:00 y 16:00 horas.

Según la imagen 37, existe una variación notable respecto a la temperatura radiante media, a las 16:00 horas se alcanza el límite máximo de 25,87°C en las aulas B-205 y una mínima de 21,00°C en el aula A-108. A las 10:00 horas alcanza el límite máximo de 22,78°C en el aula B-205 y una mínima de 20,45°C en las aulas A-108.

Las variaciones mostradas en la imagen 37 son el efecto de las capacidades térmicas de los materiales presentes en la envolvente, los cuales son influenciados por el asoleamiento que reciben durante el día y por el impacto de las principales corrientes de viento presentes en el lugar, del gráfico se observa que la temperatura radiante media en las aulas tiende a incrementar a las 16:00 respecto a lo medido a las 10:00 horas.

### Imagen 38

#### *Velocidad del Aire en las Aulas*



*Nota\**. Estos resultados fueron obtenidos a partir de la medición con anemómetro, mostrándose el promedio de la velocidad del aire al interior de las aulas ocupadas por los alumnos a las 10:00 y 16:00 horas.

Según la imagen 38, en todas las aulas, la temperatura del aire en promedio es de 0,00m/s, lo cual indica que no existe presenta de perturbaciones de aire que afecten el clima en el interior de los ambientes analizados a las 10:00 y 16:00 horas.

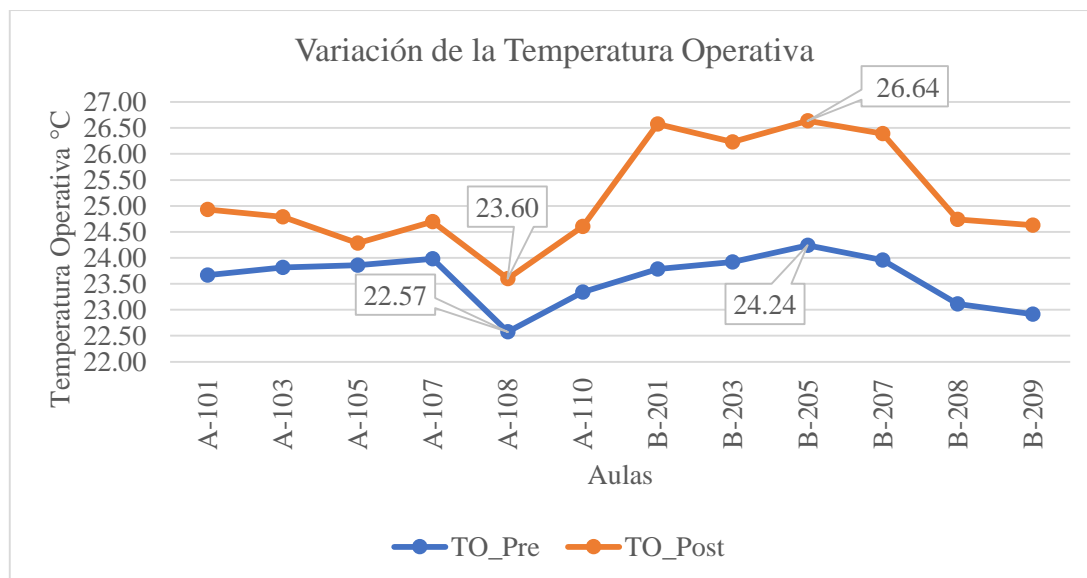
Los resultados presentados en la imagen 38 son el efecto del área de ventilación de las ventanas presentes en las aulas, esto también influenciado por el impacto de los principales flujos de viento del lugar, la orientación del edificio, la altura respecto al nivel del suelo, la forma del edificio, la relación de ventana/muro, la elongación y compacidad (longitud/ancho) de cada aula.

#### **5.2.3. Variaciones de la Temperatura Operativa**

Según la tabla 25, se obtiene la imagen 39, la cual servirá para analizar y explicar los resultados de las variaciones de la temperatura operativa en las aulas.

### Imagen 39

#### Variaciones de la temperatura operativa



Nota\*. Se presenta la temperatura operativa más alta y más baja en la pre y post experimentación.

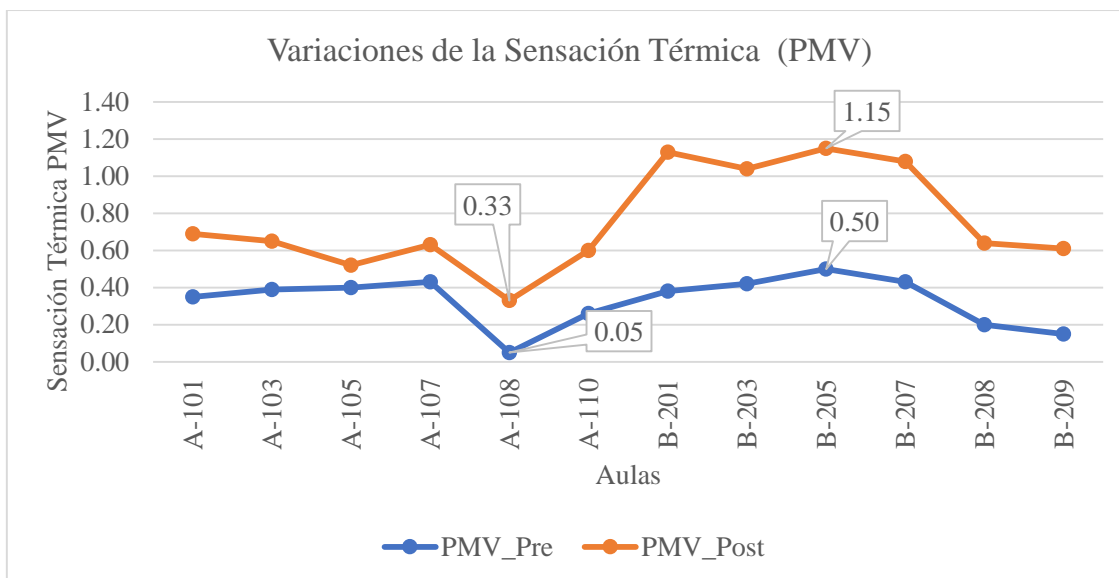
La temperatura operativa tiende a incrementar según los resultados post experimentales, esto a causa de la reducción de la reducción del área de ventilación y por la nula protección solar de las ventanas exteriores a las 16:00 horas, lo cual conlleva a un incremento significativo por la incidencia solar, las aulas experimentales presentan un mayor incremento de temperatura manteniendo valores por encima de los 26,0°C. De esta manera, se demuestra una variación notable en esta dimensión del confort térmico a causa de la modificación de las estrategias de bioclimáticas de ventilación natural. Según la prueba estadística, el valor de  $T = -7,215$  con significancia de  $P < 0,001$  significa que existe una variación fuerte entre los resultados pre y post experimentales y que estos resultados son altamente significativos a nivel estadístico.

#### 5.2.4. Variaciones de la Sensación Térmica

Según la tabla 26, se obtiene la imagen 40, la cual servirá para analizar y explicar las variaciones de la sensación térmica en las aulas.

## Imagen 40

### Variaciones de la sensación térmica PMV



Nota\*. Se presenta la sensación térmica más alta y más baja en la pre y post experimentación.

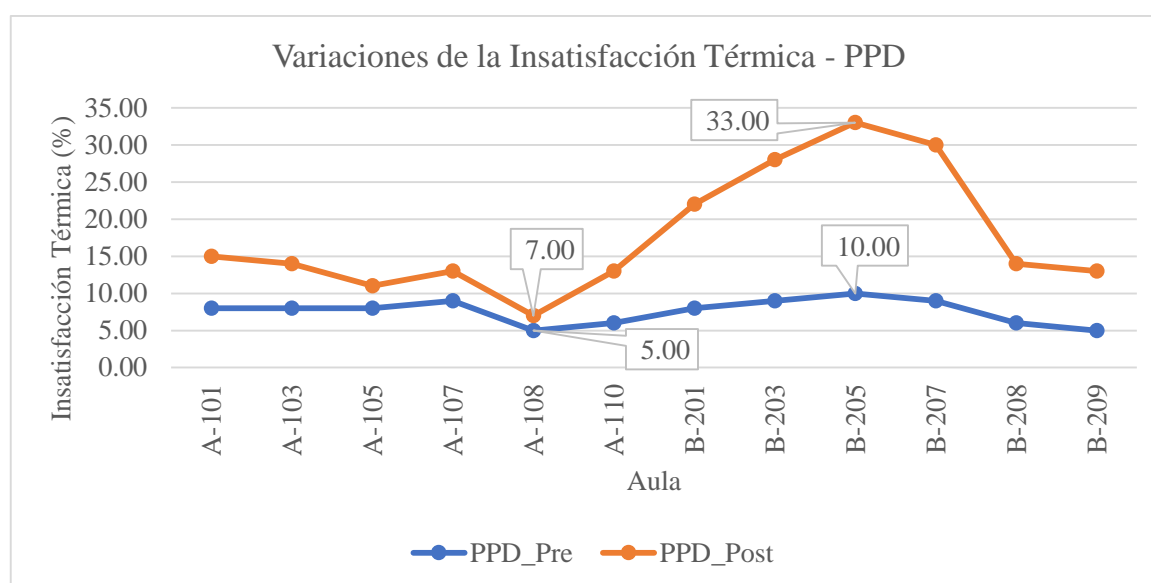
La sensación térmica tiende a incrementar según los resultados post experimentales; asimismo, las aulas experimentales muestran un mayor incremento en la sensación térmica con valores por encima de 1,00, la cual es considerada como caliente; esto debido a que la ventilación natural se ve reducida por el cierre de las aperturas y, al ser cubiertas con cortinas con el fin de proteger al usuario de la incidencia directa del sol en las ventanas exteriores, las cuales transiten mayor calor al interior de los salones en la tarde. De esta manera, se comprueba que existe una variación en esta dimensión del confort térmico a causa de la modificación de las estrategias de bioclimáticas de ventilación natural. Según la prueba estadística, el valor de  $T = -7,272$  con significancia de  $P < 0,001$  significa que existe una variación fuerte entre los resultados pre y post experimentales y que estos resultados son altamente significativos a nivel estadístico.

### 5.2.5. Variaciones de la Insatisfacción Térmica

Según la tabla 27, se obtiene la imagen 41, la cual sirvió para analizar y explicar las variaciones de la insatisfacción térmica en las aulas.

#### Imagen 41

##### Variaciones de la insatisfacción térmica PPD



*Nota\**. Se presenta la insatisfacción térmica más alta y más baja en la pre y post experimentación.

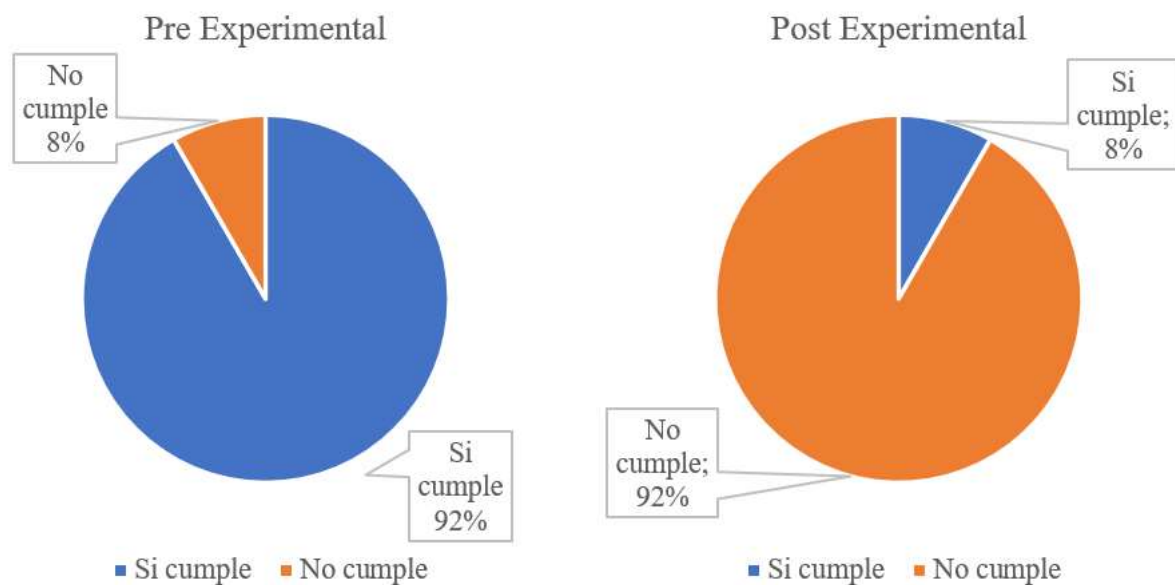
La insatisfacción térmica tiende a incrementar según los resultados post experimentales, asimismo las aulas experimentales presentan una insatisfacción térmica por encima del 20 %, a causa del poco flujo de ventilación natural y por las ganancias de calor por la superficie externa que recibe el impacto solar directo en la tarde; de esta manera, se comprueba que existe una variación en esta dimensión del confort térmico a causa de la modificación de las estrategias de bioclimáticas de ventilación natural. Según la prueba estadística, el valor de  $T = -4,860$  con significancia de  $P < 0,001$  significa que existe una variación regular entre los resultados pre y post experimentales y que estos resultados son altamente significativos a nivel estadístico.

### 5.2.6. Variación del Confort Térmico

Según la tabla 28, se obtiene la imagen 42, la cual servirá para analizar y explicar las variaciones del confort térmico pre y post experimental en las aulas.

#### Imagen 42

Variaciones del confort térmico



*Nota\**. Se presenta la variación del cumplimiento del confort térmico según la norma *ASHRAE 55-2023* antes y después de la experimentación.

El confort térmico cambia considerablemente después de realizar el experimento, demostrándose que la manipulación de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural (ventilación cruzada, función de la forma y enfriamiento pasivo) sí influyen en el confort térmico.

### 5.3. Comparación de Resultados con Antecedentes

Respecto a los objetivos 1 y 2, estos obedecen a un carácter descriptivo para analizar la influencia de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en el confort térmico planteados en el objetivo 3, de esta manera se procede a hacer la comparación con los resultados en las variaciones de la temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica, para finalmente comparar la variación en estado del confort térmico en las aulas.

### **5.3.1. Respecto a la Temperatura Operativa**

La temperatura operativa después de realizar el experimento se encuentra en un rango de 23,60°C a 26,64°C en las aulas; tras el análisis estadístico inferencial, se determinó que la variación de los resultados post y pre experimentales es fuerte ( $t = -7,215$ ), y con alto nivel de significancia ( $p < 0,001$ ) demostrando que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la temperatura operativa. Según ASHRAE (2023), el valor de la temperatura operativa es muy importante para definir si un ambiente es considerado térmicamente aceptable, debido a que es el resultado de la combinación de la temperatura del aire, temperatura radiante media y la velocidad del aire.

De forma similar, De Dear et al. (2015) obtuvieron como resultado una temperatura operativa de 19,5 °C a 26,6 °C en las aulas educativas evaluadas en Australia. Esto debido a que el clima presenta variaciones climáticas muy marcadas en los diversos horarios del día.

### **5.3.2. Respecto a la Sensación Térmica**

La sensación térmica después de realizar el experimento oscila en un rango de 0,33 a 1,15 en las aulas; tras el análisis estadístico inferencial, se determinó que la variación de los resultados post y pre experimentales es fuerte ( $t = -7,272$ ), y con alto nivel de significancia ( $p < 0,001$ ) demostrando que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la sensación térmica en las aulas. Según ASHRAE (2023), la sensación térmica de un ambiente confortable debe tener un valor que se encuentra entre -0,50 a +0,50, aquellos valores que no se encuentren en el rango establecido indicaran una tendencia al frío o al calor.

De similar manera, Ledesma y Rivera (2018) obtuvieron como resultado diferencias en las sensaciones térmicas en aulas que aplicaban estrategias de ventilación natural, donde las aulas con mayor área de apertura de ventilación presentaban una sensación térmica aceptable

entre 0,20 a +0,50 y aquellas con una orientación desfavorable al flujo de viento presentaban sensaciones térmicas superiores a +0,50 dando una sensación de calor constante.

### **5.3.3. *Respecto a la Insatisfacción Térmica***

La insatisfacción térmica después del experimento, oscila en un rango de 7 % a 33 % en las aulas. Tras el análisis estadístico inferencial, se determinó que la variación de los resultados post y pre experimentales es mediana ( $t = -4,860$ ), y con alto nivel de significancia ( $p < 0,001$ ) demostrando que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en la variación de la insatisfacción térmica. Según ASHRAE (2023), los ambientes con una insatisfacción térmica menor al 10 % son considerados confortables, aquellos que presenten un porcentaje de insatisfacción superior son considerados no confortables.

De manera contraria, Fátima (2018) determinó una insatisfacción térmica del 63 % en las aulas con estrategias de ventilación natural, esto debido a que la temperatura ambiente oscila los 30°C, la orientación del edificio es desfavorable y por recibir más horas de sol por su cercanía a la línea ecuatorial.

### **5.3.4. *Respecto al Estado del Confort Térmico***

El confort térmico, después de realizar el experimento, presenta una variación muy notable respecto a su estado antes del experimento; al ser evaluado bajo el estándar ASHRAE, pasa de tener un 92 % a tener 8 % de ambientes térmicos confortables, demostrando que realizar cambios en las estrategias bioclimáticas de ventilación natural sí influyen en el confort térmico.

De manera similar, en las investigaciones realizadas por los autores como De Dear et al. (2015), Ledesma y Rivera (2018), Rincón-Martines (2023) y Fátima (2017), se demostró que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en el confort térmico de las aulas escolares.

## **5.4. Limitaciones Encontradas**

A nivel nacional y local, las principales fuentes bibliográficas no disponen de muchos estudios de carácter cuantitativo similares en ambientes educativos y que sean de carácter cuantitativo; por lo que se tuvo un acceso muy limitado a estos antecedentes.

La normatividad vigente del Estado peruano presenta información limitada con relación a la aplicación de las estrategias bioclimáticas de ventilación natural; por lo que se tuvo que complementar con bibliografía internacional.

Las mediciones de las aulas y de los factores ambientales se tuvieron que realizar en un máximo de cinco minutos, debido a que los docentes deseaban reanudar sus labores académicas lo más pronto posible, a pesar de contar con la autorización de la dirección. Por lo tanto, las mediciones tuvieron que realizarse en días continuos a la fecha programada.

El acceso a la institución educativa tuvo que ser reprogramado a los días en los que la carga laboral de los docentes sea más ligera, esto condicionó a que las mediciones se hicieran en la última semana de labores académicas en el mes de diciembre del 2024.

No se disponían de planos arquitectónicos de la muestra, por lo que se tuvo que realizar mediciones de las aulas en horarios donde los alumnos no se encuentren presentes.

Al no disponer de planos digitales y tener tiempo reducido para ingresar a las aulas, se tuvo que realizar una simulación 3D para representar las características del espacio arquitectónico, a través de la toma de medidas de aulas en campo y utilizando software de simulación digital.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

Respecto al objetivo específico 1, se midió y describió las estrategias de ventilación cruzada, enfriamiento pasivo y forma del edificio existentes en las aulas de la institución educativa Coronel Gregorio Albarracín, de esta manera se identificó cual conjunto de estrategias tiene mejor influencia en el confort térmico en horas puntales como las 10:00 y 16:00 horas en el mes de diciembre del año 2024.

Respecto al objetivo específico 2, se logró registrar la temperatura del aire, la temperatura radiante media y la velocidad del aire al interior de las aulas a las 10:00 y 16:00 horas, esto para poder realizar los cálculos de las variaciones en la temperatura operativa, sensación térmica, la insatisfacción térmica y el estado del confort.

Respecto al objetivo específico 3, respecto a las variaciones registradas de la temperatura operativa, sensación térmica y la insatisfacción térmica a las 10:00 y 16:00 horas dentro de las aulas se demostró lo siguiente:

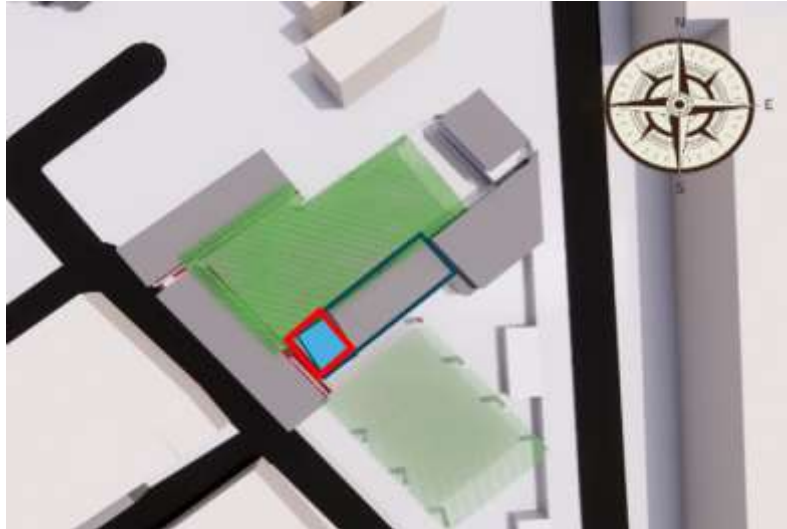
Se demostró que la temperatura operativa se ve influenciada significativamente por las estrategias bioclimáticas de ventilación natural al incrementar de manera paralela en todos los ambientes a las 16:00 horas, en las muestras experimentales el incremento es mayor a 2°C; contrario a esto, el aula A-108 presentó la menor variación de temperatura, siendo esta de 1,01°C. Por lo tanto, las estrategias bioclimáticas aplicadas en dicha aula son las más eficientes para climas cálidos como el de la ciudad de Tacna.

Se demostró que la sensación térmica se ve influenciada significativamente por las estrategias bioclimáticas de ventilación natural al incrementar de manera paralela en todos los ambientes a las 16:00 horas; en las muestras experimentales, el incremento es mayor, alcanza el valor de 1,15, lo cual significa una sensación constante de calor en el aula. Contrario a esto,

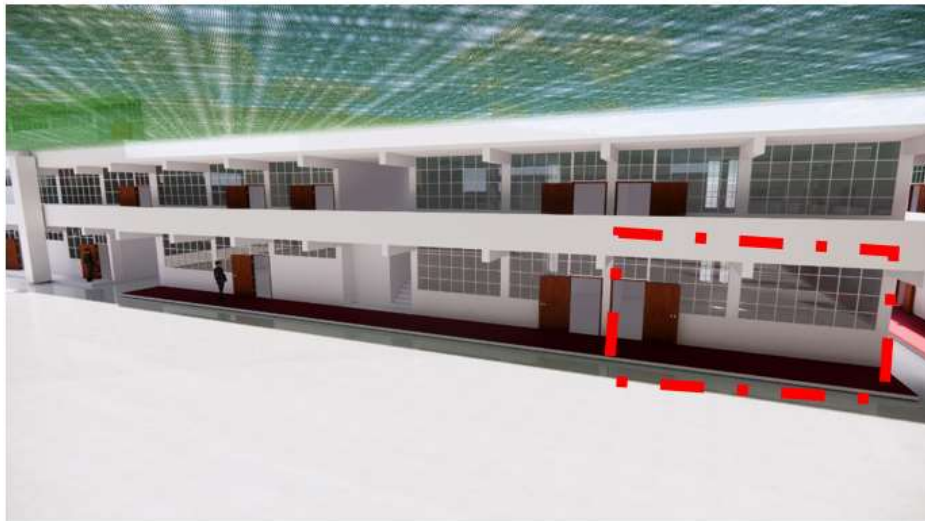
el aula A-108 presentó la menor variación de sensación térmica alcanzando un valor de 0,33, el cual es considerado por ASHRAE como una sensación térmica aceptable. Por lo tanto, las estrategias bioclimáticas aplicadas en dicha aula son las más eficientes para climas cálidos como el de la ciudad de Tacna.

Se demostró que la insatisfacción térmica se ve influenciado significativamente por las estrategias bioclimáticas de ventilación natural al incrementar de manera paralela en todos los ambientes a las 16:00 horas. En las muestras experimentales, el incremento es mayor, alcanza el valor de 33 %, lo cual significa una insatisfacción térmica alta; contrario a esto, el aula A-108 presentó la menor variación de insatisfacción térmica alcanzando un valor de 7 %, el cual es considerado por ASHRAE como una insatisfacción térmica aceptable. Por lo tanto, las estrategias bioclimáticas aplicadas en dicha aula son las más eficientes para climas cálidos como el de la ciudad de Tacna.

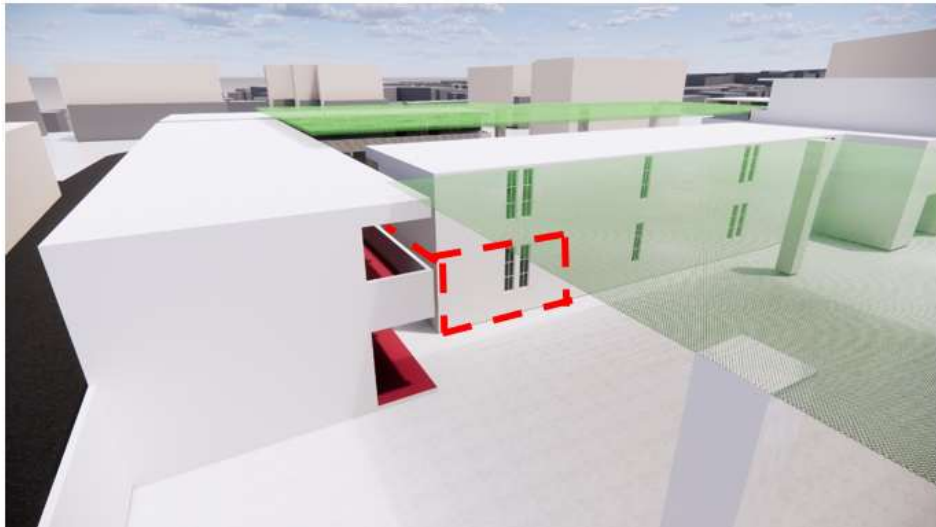
Respecto al objetivo general, se demostró que las estrategias bioclimáticas de ventilación natural influyen significativamente en el confort térmico en las aulas de la Institución Educativa Coronel Gregorio Albarracín. Los resultados obtenidos indican que el 92 % de las aulas es considerado como no confortables a las 16:00 horas, esto evaluado bajo los parámetros del estándar internacional ASHRAE, a pesar de que la temperatura operativa, el índice de sensación térmica y el índice de insatisfacción térmica presentan incrementos en sus valores que son considerados como negativos para el confort térmico, el aula A-108 presenta una menor variación en todos sus resultados y se mantuvo dentro de la calificación de confortable. Por lo tanto, las estrategias bioclimáticas de ventilación natural que esta aula presenta, son los más adecuados para el diseño de aulas educativas en climas desérticos como el de la ciudad de Tacna.

**Imagen 43***Ubicación del aula A-108*

*Nota\**. Se presenta la ubicación del aula A.-108, protegido por dos patios y con protección solar por el bloque oeste.

**Imagen 44***Vista frontal del aula A-108*

*Nota\**. Se aprecia la vista frontal del aula A\_108, la disposición de sus ventanas colindantes al patio principal, la sobra de la cobertura y alero.

**Imagen 45***Vista posterior del aula A-108*

*Nota\**. Se presenta vista posterior del aula A-108, se observa la disposición de las ventanas para el ingreso del flujo principal del viento por el patio posterior y la protección solar por la malla raschell como cobertura.

**Imagen 46***Sección transversal del aula A-108*

*Nota\**. Se presenta la sección transversal del aula A-108, donde se ve la disposición y forma de ventanas de entrada y salida del aire, la protección solar en los patios.

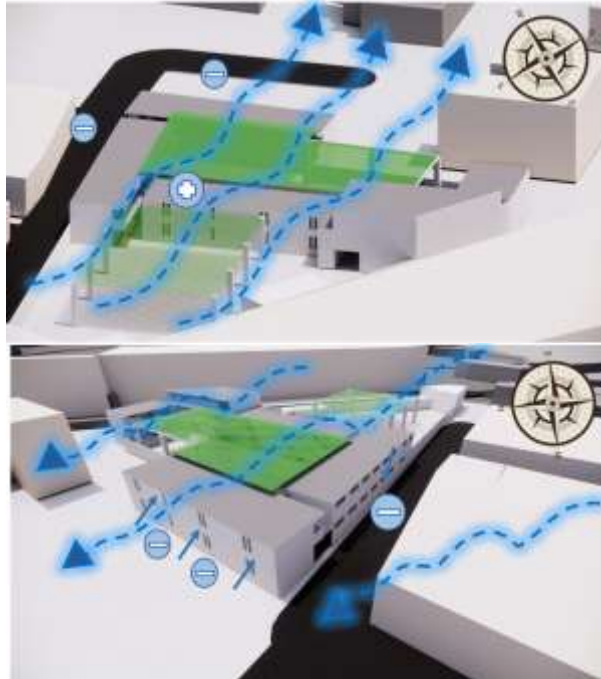
## 6.2. Recomendaciones

A continuación, con base a los resultados obtenidos, se dan las siguientes recomendaciones al momento de aplicar las estrategias bioclimáticas de ventilación natural en el diseño arquitectónico de aulas educativas en climas cálidos o desérticos como el de la ciudad de Tacna. Estas recomendaciones van dirigidas hacia el MINEDU, investigadores, directores de instituciones educativas, arquitectos, estudiantes de arquitectura y demás profesionales afines a la concepción de espacios educativos con un confort térmico aceptable.

La temperatura operativa de las aulas educativas debe mantenerse entre los 24,2°C a 20,5°C según el estándar internacional ASHRAE. En climas cálidos como el de la ciudad de Tacna, tener una mayor captación del viento exterior ayuda a regular la temperatura del aire, el cual influye significativamente en la temperatura operativa; por lo que se recomienda en futuros diseños arquitectónicos, un área superior a 1,60m<sup>2</sup> de apertura de ventilación externa y un área de apertura de ventilación interna superior a 3,00m<sup>2</sup> y que estén orientadas hacia la dirección del flujo principal del viento de la zona, tal como el aula A-108 que presenta ventanas externas con orientación de 139° (orientación sureste).

**Imagen 47**

*Incidencia del flujo del viento sobre la orientación de las ventanas exteriores*



*Nota\**. Se presenta el sentido principal del flujo del viento y su incidencia sobre la edificación.

**Imagen 48**

*Incremento del área de apertura de ventilación en ventanas*



*Nota\**. Se observa las diferencias de las áreas de ventilación en muros internos y externos en los dos tipos de aulas analizados, donde a la izquierda las ventanas altas son más pequeñas que los del lado derecho y esto influye en el ingreso del viento exterior...

Para mantener una sensación térmica aceptable, se recomienda considerar en el diseño arquitectónico el uso de protección solar de las ventanas que tengan incidencia solar directa durante el día, tal como el aula A-108 que presenta protección solar de sus ventanas exteriores e interiores proveniente de las coberturas de malla Raschel en los patios colindantes y del alero que protege las ventanas con orientación al este; de esta manera, los valores de sensación térmica no serán superiores a +0,50 y serán considerados confortables.

### **Imagen 49**

*Protección de solar de ventanas a través de coberturas en patios y uso de alero*



*Nota\**. A la izquierda se observa la protección solar en las aulas compuesta por los aleros, a la derecha se observa la protección solar que recibe de manera indirecta por la cobertura de malla raschel en el patio principal y secundario.

Para obtener una insatisfacción térmica aceptable, se recomienda evitar en el diseño arquitectónico que las caras externas de los salones tengan su lado más largo con orientación oeste (entre 180° a 320°), esto con el fin de evitar ganancias de calor provenientes de la

incidencia solar en las tardes y por la capacidad de almacenar calor de los muros y la alta transmisión térmica que tienen las ventanas; de esta manera, se tendrán valores de insatisfacción térmica menores al 10 %.

### **Imagen 50**

*Impacto solar en muros externos en el atardecer*



*Nota\**. A la izquierda se observa el impacto de la luz solar a las 16:00 horas, incidiendo directamente sobre las ventanas y los muros orientadas hacia el oeste, a la derecha se observa al bloque que esta al intermedio de los dos patios, que está protegido por las coberturas de malla raschel y por el bloque que colinda con la calle.

Se recomienda en el diseño arquitectónico, el uso de protección solar en los techos de los ambientes que reciben incidencia solar directa durante todo el día, tal como sucede en los salones del nivel superior que mostraron un mayor incremento de temperatura respecto a los del primer piso, los cuales sus superficies superiores eran protegidos por los salones del segundo nivel.

## Imagen 51

*Vista del aula A-108 y B-208*



*Nota\**. De izquierda a derecha, se muestra como el aula A-108 con protección solar en vanos exteriores e interiores, con protección solar en techo a causa de la existencia del aula B-208 en el nivel superior, a continuación, imagen del aula B-208 el cual comparte características similares al aula A-108 pero sin protección solar, esta técnica genera diferencias en los niveles de confort, siendo el aula A-108 la que presento mejores indicadores del confort térmico.

Finalmente, con base a los resultados de la investigación, se recomienda en el diseño arquitectónico la consideración del uso de parasoles o celosías, que garanticen protección solar y el paso del viento en las ventanas interiores y exteriores de los salones, tener forma de planta lineal y que este orientada con el lago más largo hacia el norte o sur, relación  $\text{Ventana/Muro}_{\text{exterior}}$  mínimo del 10 %, relación  $\text{Ventana/Muro}_{\text{interior}}$  mínimo del 52 %, área de ventilación exterior mínimo de  $1,60 \text{ m}^2$ , área de ventilación interior mínimo de  $3,00 \text{ m}^2$  y una relación largo/ancho de 1,40; de esta manera, las estrategias bioclimáticas de ventilación

natural influirán positivamente generando las condiciones adecuadas para obtener el confort térmico.

## CAPÍTULO VII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE]. (2023). *ASHRAE Standard 55-2023: Condiciones Térmicas Ambientales para Ocupación Humana*. ASHRAE.
- Aparicio Ruiz, P., Onieva, L., Escudero Santana, A. y Muñuzuri, J. (2019). Confort adaptativo aplicado a edificios escolares y aplicabilidad en el sur de España. *Dirección y Organización*, (67), 30-36. <https://hdl.handle.net/11441/85526>
- Cárdenas Salas, J. (2015). Ventilación al interior de la arquitectura. *Ambientalmente*, (4), 38-46.
- Cruz, M., Armendariz, J., Del campo, F., Sahagún, M., Castañon, M. y García, C. (2022). Evaluación del confort térmico y lumínico en aulas universitarias en Tijuana, Baja California. Caso de estudio FCITEC, Valle de las Palmas. *Revista de Ciencias Tecnológicas*, 5(4), E223. <https://doi.org/10.37636/recit.v5n4e233>
- Ccama Condori, H. (2021). Sensación de confort térmico en ambientes educativos de la zona altoandina de Puno. *Campus XXXII*, 26(32), 257-270. <https://doi.org/10.24265/campus.2021.v26n32.08>
- Dear, R., Brager, G. y Cooper, D. (1997). *ASHRAE RP- 884 Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*. Database.
- De Dear, R., Kim, J., Candido, C. y Deuble, M. (2015). Adaptive thermal comfort in australian school classrooms. *Building Research and Information*, 43(3), 383–398. <https://doi.org/10.1080/09613218.2015.991627>
- Garzón, B. (2007). *Arquitectura Bioclimática* (1ra ed.). Nobuko.

- Godoy Muños, A. (2012). *El confort térmico adaptativo: Aplicación en la edificación española* [Tesis de Master, Universidad Politécnica de Cataluña]. UPCommons. <http://hdl.handle.net/2099.1/18763>
- Fanger, P. O. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. *British journal of industrial medicine*, 30(4), 313-324. <https://doi.org/10.1136/oem.30.4.313>
- Fátima García, R. (2017). El confort adaptativo infantil según las estrategias bioclimáticas en escuelas de la selva baja peruana: colegios “12 de Abril” y “Rumococha”, San Juan Bautista, Loreto. *Investiga Territorios*, (6), 31-46. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/investigaterritorios/article/view/23756/22674>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2012). El confort térmico en los centros escolares. *ERGA-PT PRIMARIA TRANSVERSAL*. (36), 6-7. <https://www.insst.es/documents/94886/156660/N%C2%BA+36+El+confort+t%C3%A9rmico.pdf>
- Giron-Pizarro, M. Polo-Bravo, C. Gómez-León, M. (2024). Desarrollo de un modelo de evaluación de parámetros ambientales para lograr el confort térmico en viviendas de Kallapuma. *Tecnia*, 34(2), 40-52. DOI: <https://doi.org/10.21754/tecnica.v34i2.2167>
- Ledesma, G. y Rivera, L. (2018). Análisis de Confort Térmico en Escuelas del Milenio. Caso: Quito y Babahoyo. *Eidos*, (11). <https://doi.org/10.29019/eidos.v0i11.408>
- Lin, Z. y Deng, S. (2008). A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics- Developing a thermal comfort model for sleeping environments. *Building and Environment*, 43(1), 70-81. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.026>
- Ministerio de Educación. (2008). *Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos*.

Ministerio de Educación. (2021). *Guía de estrategias de diseño bioclimático para el confort térmico*.

Ministerio de Educación. (2024, 12 de diciembre). *Locales públicos en buen estado (% del total)*.

[https://escale.minedu.gob.pe/ueetendencias2016?p\\_auth=bI62ZeSU&p\\_p\\_id=TendenciasActualPortlet2016\\_WAR\\_tendencias2016portlet\\_INSTANCE\\_t6xG&p\\_p\\_lifecycle=1&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=3&\\_TendenciasActualPortlet2016\\_WAR\\_tendencias2016portlet\\_INSTANCE\\_t6xG\\_idCuadro=42](https://escale.minedu.gob.pe/ueetendencias2016?p_auth=bI62ZeSU&p_p_id=TendenciasActualPortlet2016_WAR_tendencias2016portlet_INSTANCE_t6xG&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=3&_TendenciasActualPortlet2016_WAR_tendencias2016portlet_INSTANCE_t6xG_idCuadro=42)

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). *Norma técnica E.110: Confort térmico y lumínico con eficiencia energética*.

<https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619729-em-110-confort-termico-y-luminico-con-eficiencia-energetica>

Nicol, J. y Humphreys, M. (1998). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 529-686. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)

Ordoñez García, A. (2019, 13 de noviembre). *Estandar ASHRAE 55*. Seiscubos. <https://seiscubos.com/conocimiento/estandar-ashrae-55>

Rincón-Martínez, J. C. (2023). Confort térmico en edificios educativos naturalmente ventilados: un estudio en bioclima templado-seco. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 25(1), 12–24. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2023.25.3051>

Serra, R. y Coch, H. (1995). *Arquitectura y energía natural* (1ra ed.). Politext 40.

Vilcekova, S., Meciarova, L., Kridlova, E., Katunska, J., Kosikanova, D y Doroudiani, S. (2017). Indoor environmental quality of classrooms and occupants' comfort in a special education

school in Slovak Republic. *Building and Environment*, 120(29-40).  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.05.001>

Weiser Rey, M. (2011). *Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: El caso peruano*. Cuadernos 14. Departamento de Arquitectura – PUCP.  
<https://hdl.handle.net/11537/35857>

Zomorodian, Z. y Nasrollahi, F. (2013). Architectural Design Optimization of School Buildings for Reduction of Energy Demand in Hot and Dry Climates of Iran. *Internation Journal of Architectural Engineering and Urban Planning*, 23(1), (41-50).

## CAPÍTULO VIII

### ANEXOS

#### 8.1. ANEXO A. Archivo Fotográfico

Las siguientes imágenes evidencian la participación en la investigación y el registro de datos ambientales con los dispositivos digitales.

##### Imagen 52

*Toma de temperatura de muros y ventanas*



*Nota\**. Se evidencia registro de tomas de temperatura de superficies en muros, ventanas y pisos.

##### Imagen 53

*Organización de los bloques de aulas*



*Nota\**. Se observa que los bloques de aulas se encuentran alrededor del patio principal.

**Imagen 54**

*Toma de temperatura del aire y velocidad del viento en turno tarde*



*Nota\**. Se Registra la temperatura del aire y velocidad del viento en el aula a las 16:00 horas con el uso del anemómetro mientras se encuentra ocupado el ambiente por los estudiantes.

**Imagen 55**

*Toma de temperatura del aire y velocidad del viento en turno mañana*



*Nota\**. Se Registra la temperatura del aire y velocidad del viento en el aula a las 10:00 horas con el uso del anemómetro mientras se encuentra ocupado el ambiente por los estudiantes.

### Imagen 56

*Apertura de vanos exteriores e interiores*



*Nota\**. Se aprecia vanos de las aulas con conexión directa a patio exterior e interior.

### Imagen 57

*Vistas 3D de la forma de los bloques de aulas*



*Nota\**. Se realizó la simulación virtual para observar el impacto de la orientación de los bloques de aulas.

### Imagen 58

*Impacto de la protección solar en aulas con ventanas exteriores altas*



*Nota\**. Se observa la ventilación cruzada y la incidencia solar en las aulas con ventanas altas longitudinales.

### Imagen 59

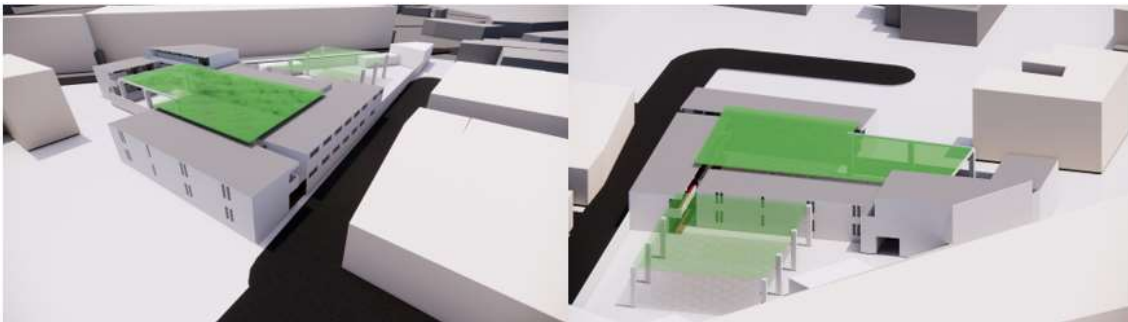
*Impacto de la protección solar en aulas con ventanas exteriores bajas*



*Nota\**. Se observa la ventilación cruzada en las aulas y la protección de ventanas bajas con parapetos.

### Imagen 60

*Forma de edificio y ubicación de bloques de aulas*



*Nota\**. Se observa la forma del edificio, compuesta por dos patios y los bloques de aulas.

### Imagen 61

*Impacto del Sol por la orientación del edificio*



*Nota\**. A la izquierda, se observa que a las 10:00 horas, por la orientación del edificio en la el impacto solar es casi perpendicular y afecta directamente las coberturas superiores de las aulas. A la derecha, se observa que el impacto solar a las 16:00 horas es mas incidente en los bloques con caras colindantes al oeste.

## **Imagen 62**

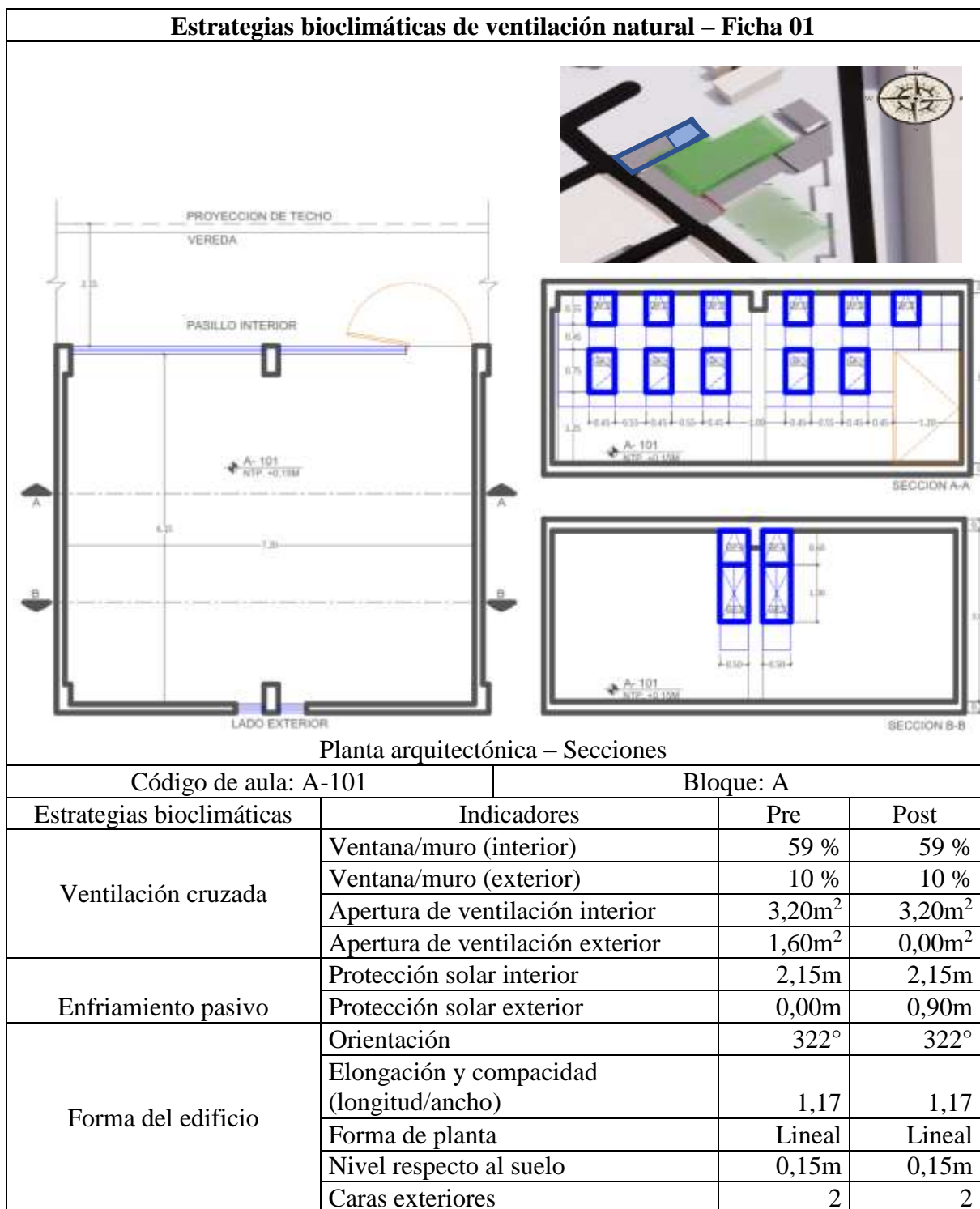
*Protección solar en patio central en horarios de mañana y tarde*



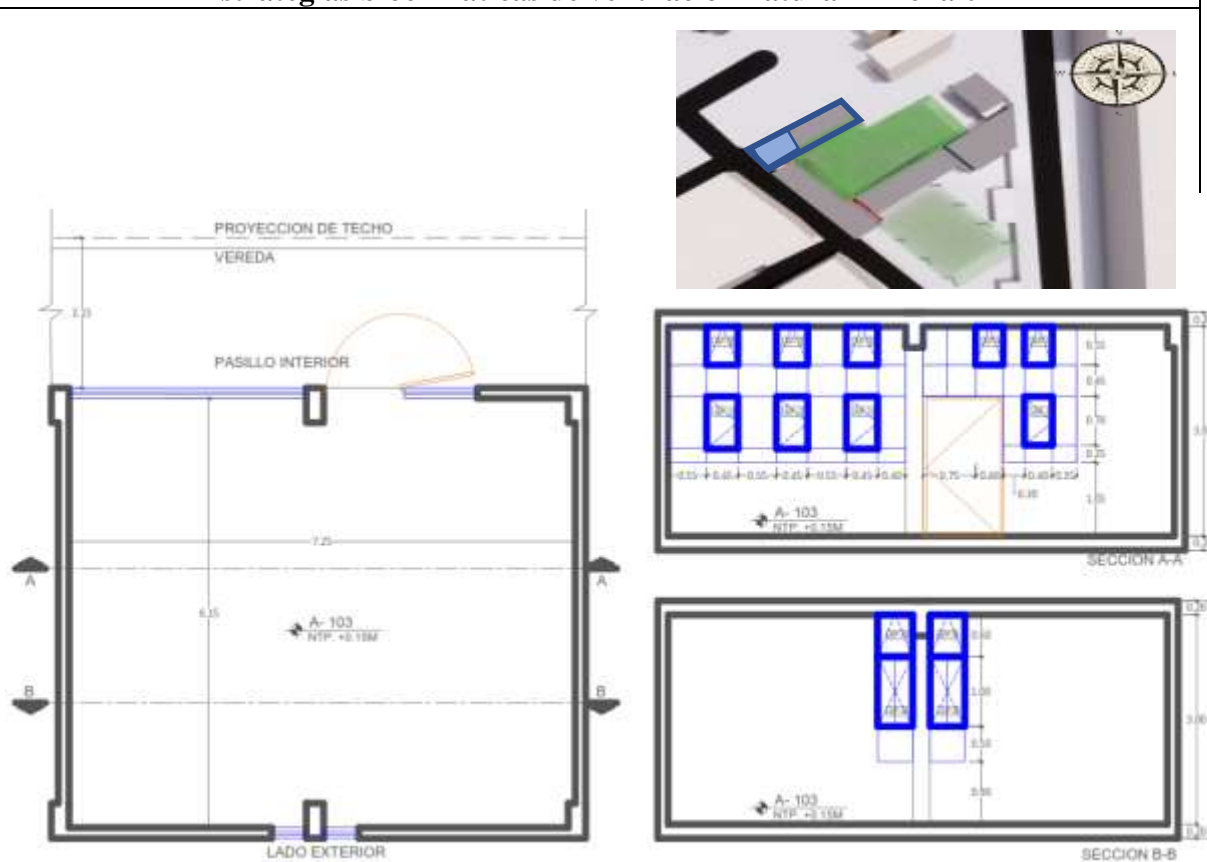
*Nota\**. A la izquierda, se observa la protección solar que brinda el patio central a las 10:00 horas donde la sombra es perpendicular. A la derecha, se observa que a las 16:00 horas la protección solar es mejor por la inclinación y forma de edificio, eso se aprecia por la sombra proyectada.

## 8.2. ANEXO B. Instrumentos Utilizados

### 8.2.1. B.01 Ficha de Observación



### Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 02

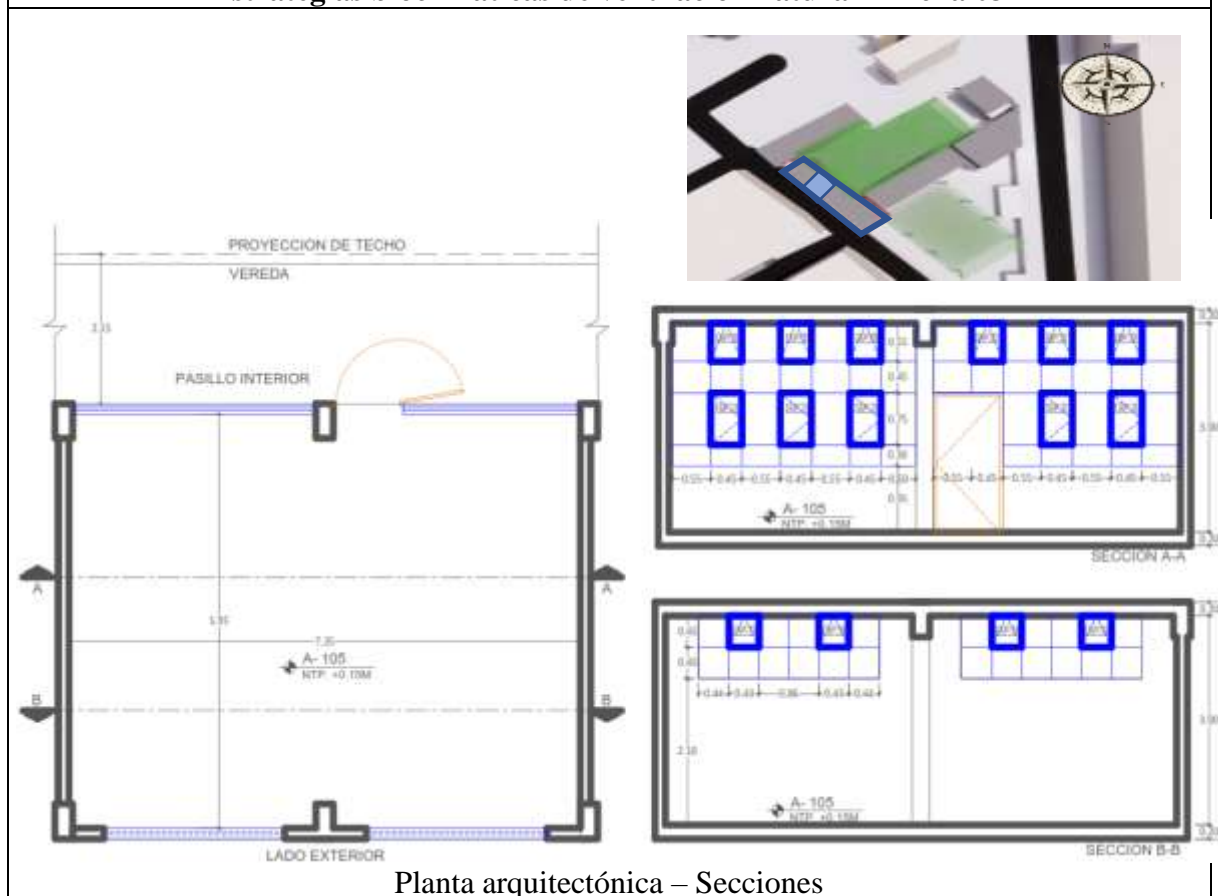


Código de aula: A-103

Bloque: A

Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	45 %	45 %
	Ventana/muro (exterior)	10 %	10 %
	Apertura de ventilación interior	3,20m <sup>2</sup>	3,20m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	1,60m <sup>2</sup>	0,00m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,90m
Forma del edificio	Orientación	322°	322°
	Elongación y compacidad (Longitud/Ancho)	1,18	1,18
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	0,15m	0,15m
	Caras exteriores	2	2

## Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 03

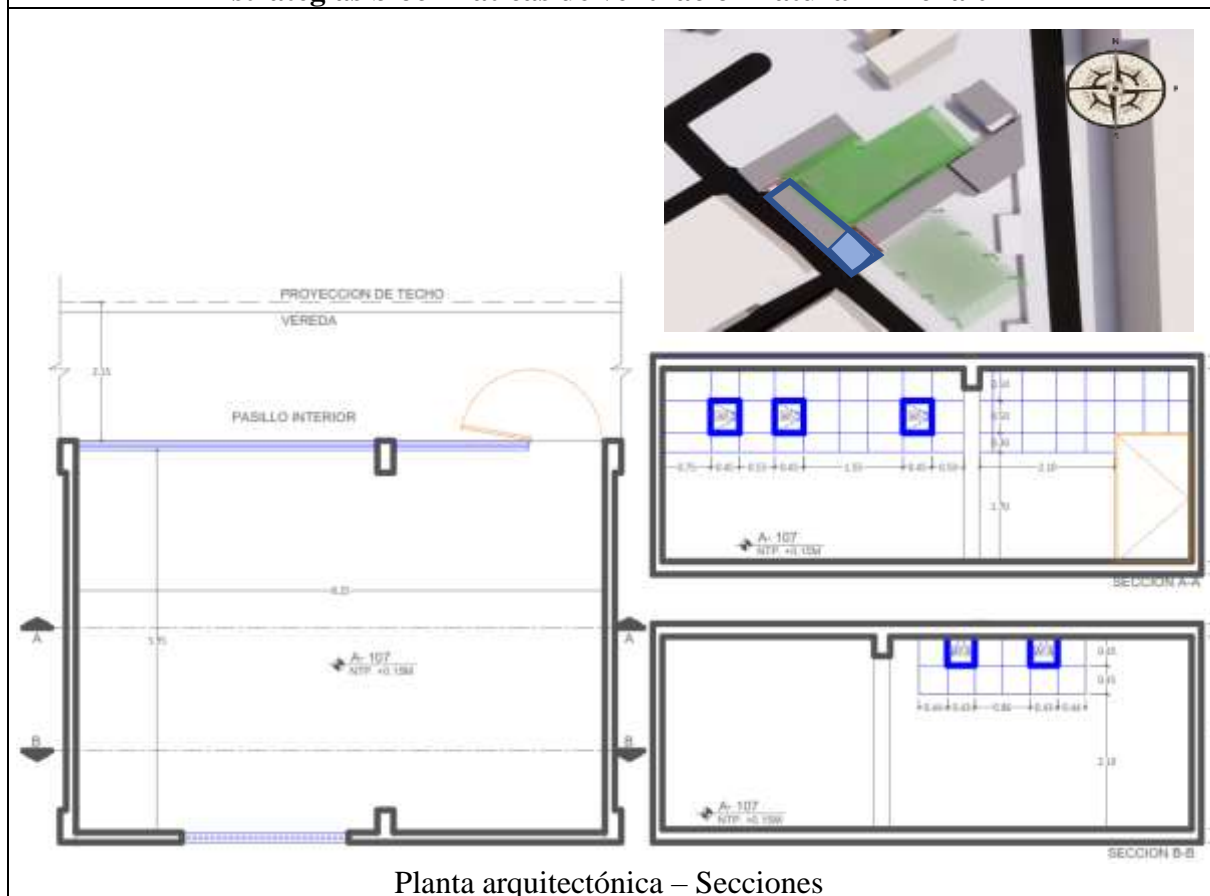


Código de aula: A-105

Bloque: B

Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	61 %	61 %
	Ventana/muro (exterior)	21 %	21 %
	Apertura de ventilación interior	3,30m <sup>2</sup>	3,30m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	0,80m <sup>2</sup>	0,00m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,90m
Forma del edificio	Orientación	229°	229°
	Elongación y compacidad (longitud/anchura)	1,24	1,24
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	0,15m	0,15m
	Caras exteriores	1	1

## Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 04

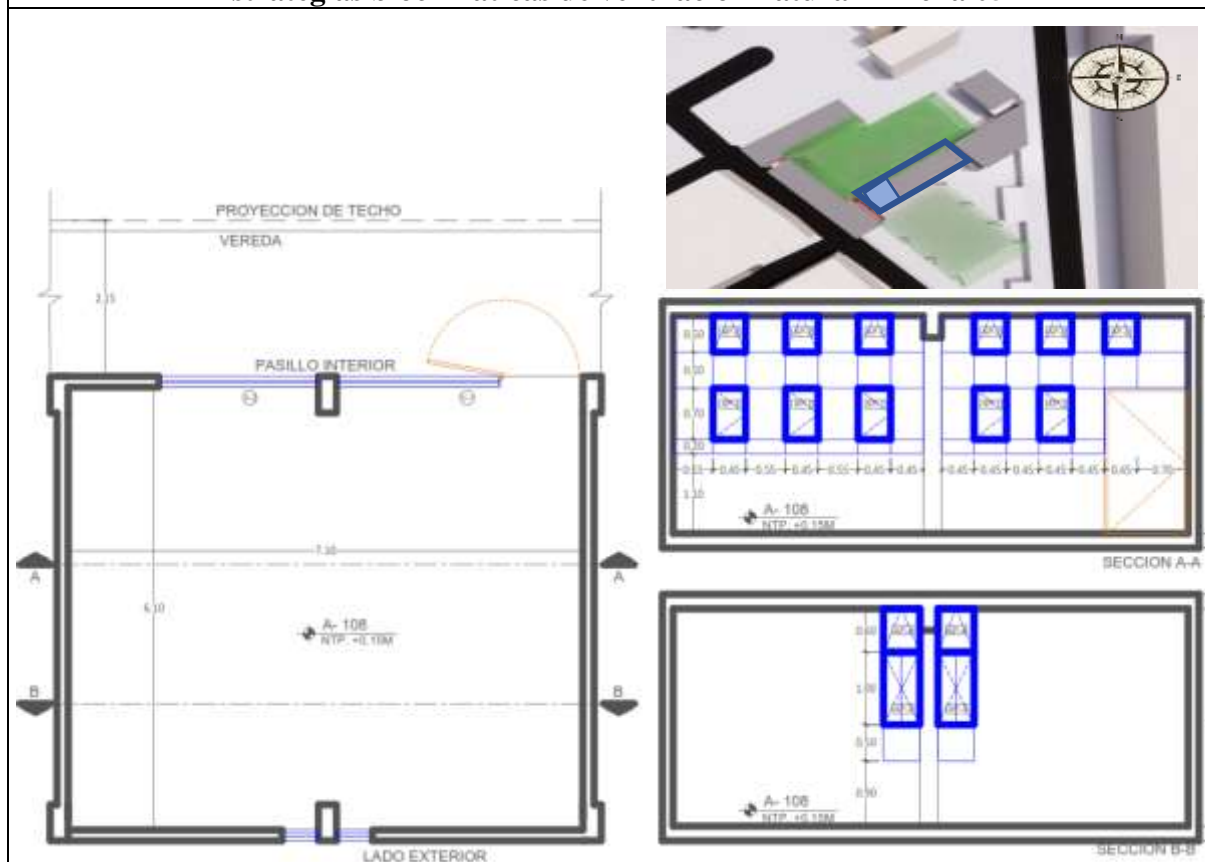


Código de aula: A-107

Bloque: B

Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	41 %	41 %
	Ventana/muro (exterior)	9 %	9 %
	Apertura de ventilación interior	1,09m <sup>2</sup>	1,09m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	0,40m <sup>2</sup>	0,00m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,90m
Forma del edificio	Orientación	229°	229°
	Elongación y compacidad (longitud/ancho)	1,39	1,39
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	0,15m	0,15m
	Caras exteriores	2	2

## Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 05



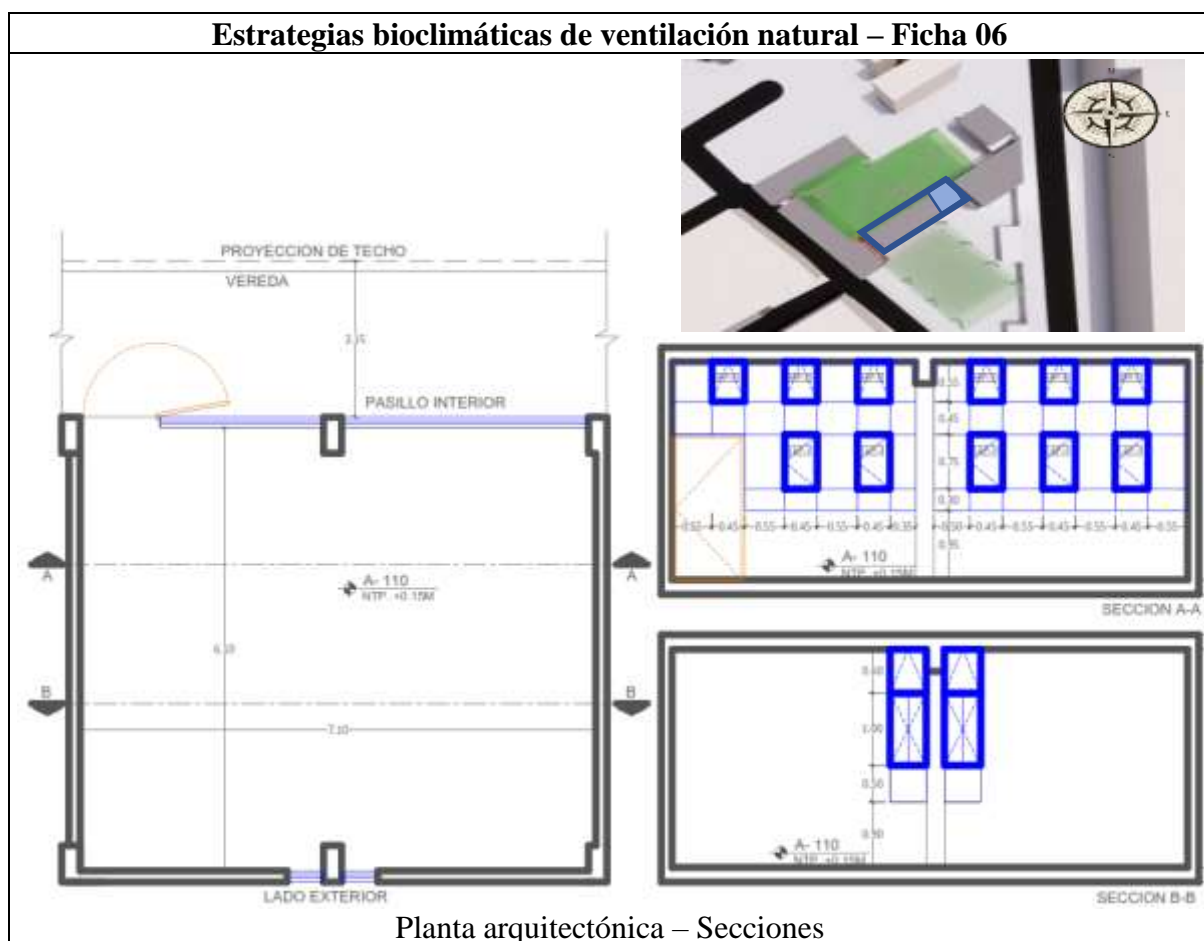
Planta arquitectónica – Secciones

Código de aula: A-108

Bloque: C

Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	52 %	52 %
	Ventana/muro (exterior)	10 %	10 %
	Apertura de ventilación interior	3,00m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,00m
Forma del edificio	Orientación	139°	139°
	Elongación y compacidad (Longitud/Ancho)	1,39	1,39
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	0,15m	0,15m
	Caras exteriores	1	1

## Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 06

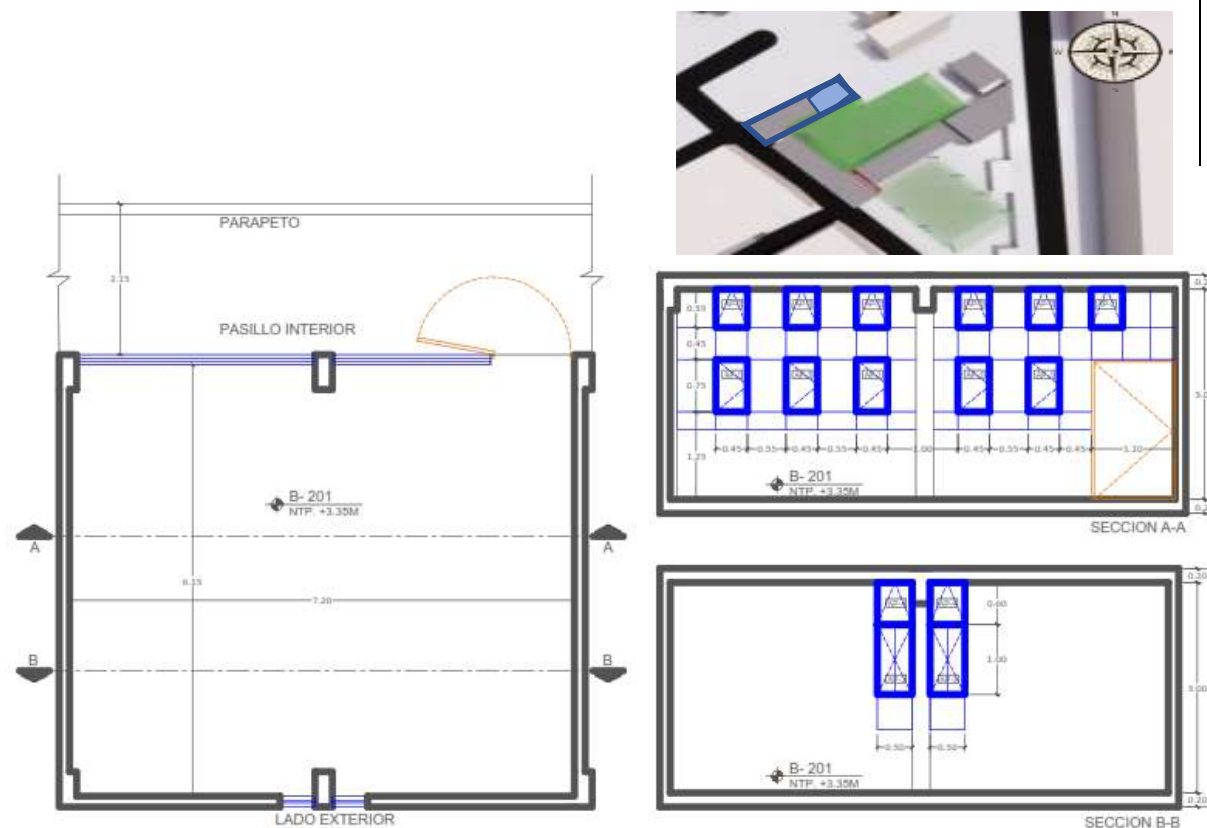


Código de aula: A-110

Bloque: C

Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	52 %	52 %
	Ventana/muro (exterior)	10 %	10 %
	Apertura de ventilación interior	3,00m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,00m
Forma del edificio	Orientación	139°	139°
	Elongación y compacidad (Longitud/Ancho)	1,39	1,39
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	0,15m	0,15m
	Caras exteriores	1	1

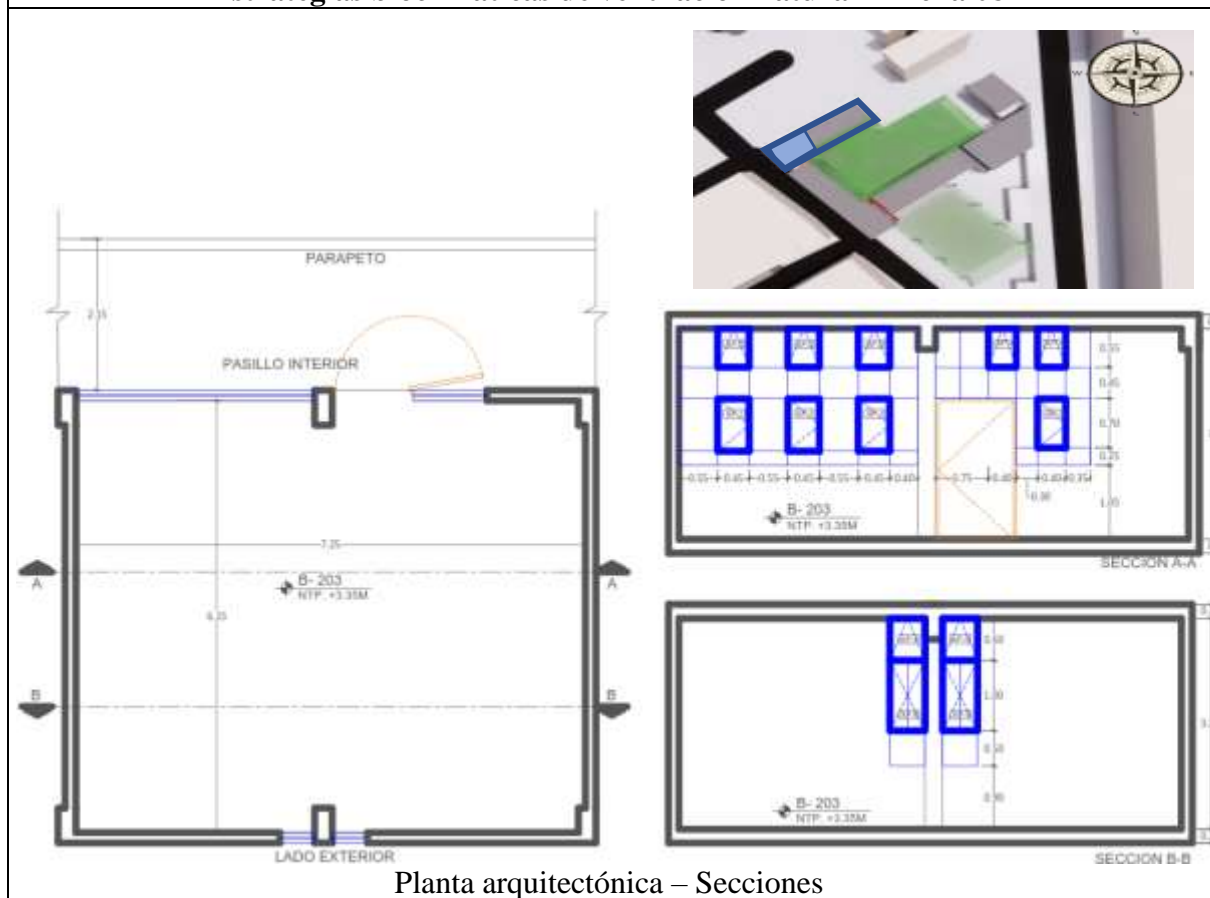
## Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 07



Planta arquitectónica – Secciones

Código de aula: B-201		Bloque: A	
Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	59 %	59 %
	Ventana/muro (exterior)	10 %	10 %
	Apertura de ventilación interior	3,20m <sup>2</sup>	3,20m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,00m
Forma del edificio	Orientación	322°	322°
	Elongación y compacidad (longitud/ancho)	1,17	1,17
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	3,35m	3,35m
	Caras exteriores	2	2

## Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 08



Código de aula: B-203

Bloque: A

Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	45 %	59 %
	Ventana/muro (exterior)	10 %	10
	Apertura de ventilación interior	3,20m <sup>2</sup>	3,20m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,00m
Forma del edificio	Orientación	322°	322°
	Elongación y compacidad (Longitud/Ancho)	1,18	1,18
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	3,35m	3,35m
	Caras exteriores	2	2

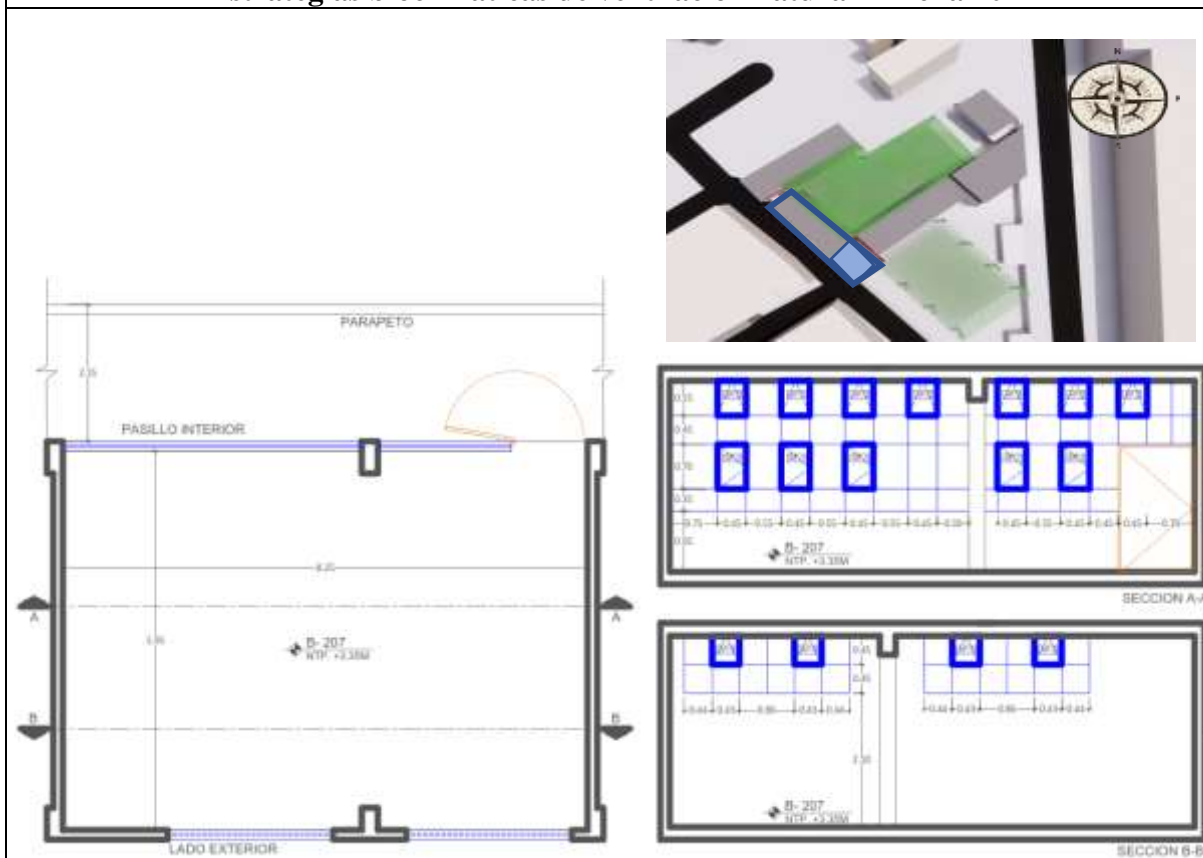
## Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 09



Planta arquitectónica – Secciones

Código de aula: B-205		Bloque: B	
Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	61 %	61 %
	Ventana/muro (exterior)	21 %	21 %
	Apertura de ventilación interior	3,30m <sup>2</sup>	3,30m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	0,80m <sup>2</sup>	0,00m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,90m
Forma del edificio	Orientación	229°	229°
	Elongación y compacidad (longitud/ancho)	1,24	1,24
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	3,35m	3,35m
	Caras exteriores	1	1

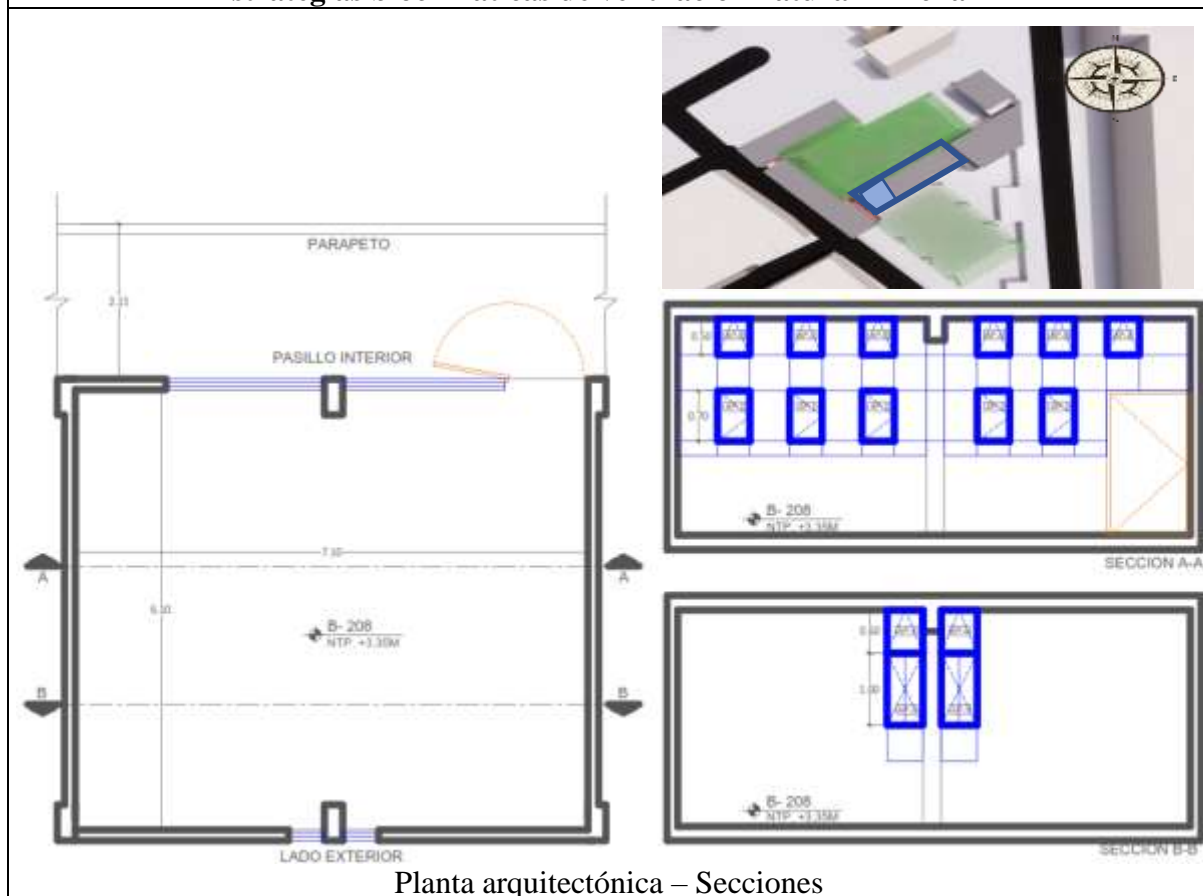
### Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 10



Planta arquitectónica – Secciones

Código de aula: B-207		Bloque: B	
Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	61 %	61 %
	Ventana/muro (exterior)	19 %	19 %
	Apertura de ventilación interior	3,35m <sup>2</sup>	3,35m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	0,80m <sup>2</sup>	0,00m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,90m
Forma del edificio	Orientación	229°	229°
	Elongación y compacidad (longitud/ancho)	1,39	1,39
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	3,35m	3,35m
	Caras exteriores	2	2

## Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 11



Código de aula: B-208

Bloque: C

Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	52 %	52 %
	Ventana/muro (exterior)	10 %	10 %
	Apertura de ventilación interior	3,00m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,00m
Forma del edificio	Orientación	139°	139°
	Elongación y compacidad (longitud/ancho)	1,39	1,39
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	3,35m	3,35m
	Caras exteriores	1	1

## Estrategias bioclimáticas de ventilación natural – Ficha 12



Planta arquitectónica – Secciones

Código de aula: B-209		Bloque: C	
Estrategias bioclimáticas	Indicadores	Pre	Post
Ventilación cruzada	Ventana/muro (interior)	52 %	52 %
	Ventana/muro (exterior)	10 %	10 %
	Apertura de ventilación interior	3,00m <sup>2</sup>	3,00m <sup>2</sup>
	Apertura de ventilación exterior	1,60m <sup>2</sup>	1,60m <sup>2</sup>
Enfriamiento pasivo	Protección solar interior	2,15m	2,15m
	Protección solar exterior	0,00m	0,00m
Forma del edificio	Orientación	139°	139°
	Elongación y compacidad (longitud/ancho)	1,39	1,39
	Forma de planta	Lineal	Lineal
	Nivel respecto al suelo	3,35m	3,35m
	Caras exteriores	1	1

### 8.2.2. B.02 Termómetro de Infrarrojos

Descripción: Dispositivo electrónico que mide la temperatura emitida por superficies a través de radiación infrarroja. El dispositivo utilizado es de la marca MESTEK modelo IR03B.

Propiedades:

- Rango de medida de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Rango de emisividad de materiales de 0,1 a 1,0.
- Tiempo de respuesta de 0,5 segundos.
- Exactitud: De  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1,5\%$  de la medida  $+ 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Relevancia en el estudio: permite medir la temperatura emitida por las superficies sin necesidad de tocarlas ni interferir con su temperatura.

### Imagen 63

*Termómetro de infrarrojos MESTEK IR03B*



*Nota\**. Se presenta el tipo de termómetro de infrarrojos utilizado para las mediciones de temperatura radiante en las superficies.

### 8.2.3. B.03 Anemómetro

Descripción: Dispositivo electrónico que mide la temperatura y velocidad del aire. El dispositivo utilizado es de la marca UNI-T modelo UT-363.

Propiedades:

- Rango de medida de velocidad de 0 a 30 m/s con exactitud de  $\pm (5\% + 0,5)$ .
- Tiempo de respuesta de 0,5 segundos.

- Rango de medida de temperatura del aire de -10 °C a 50 °C con exactitud de +/- 2 °C.

Relevancia en el estudio: Permite medir la temperatura y velocidad del aire que es vital para la medición del confort térmico.

#### **Imagen 64**

*Anemómetro UNI-T modelo UT-363*



*Nota\**. Se presenta el tipo de anemómetro utilizado para las mediciones de la temperatura del aire y velocidad del viento.

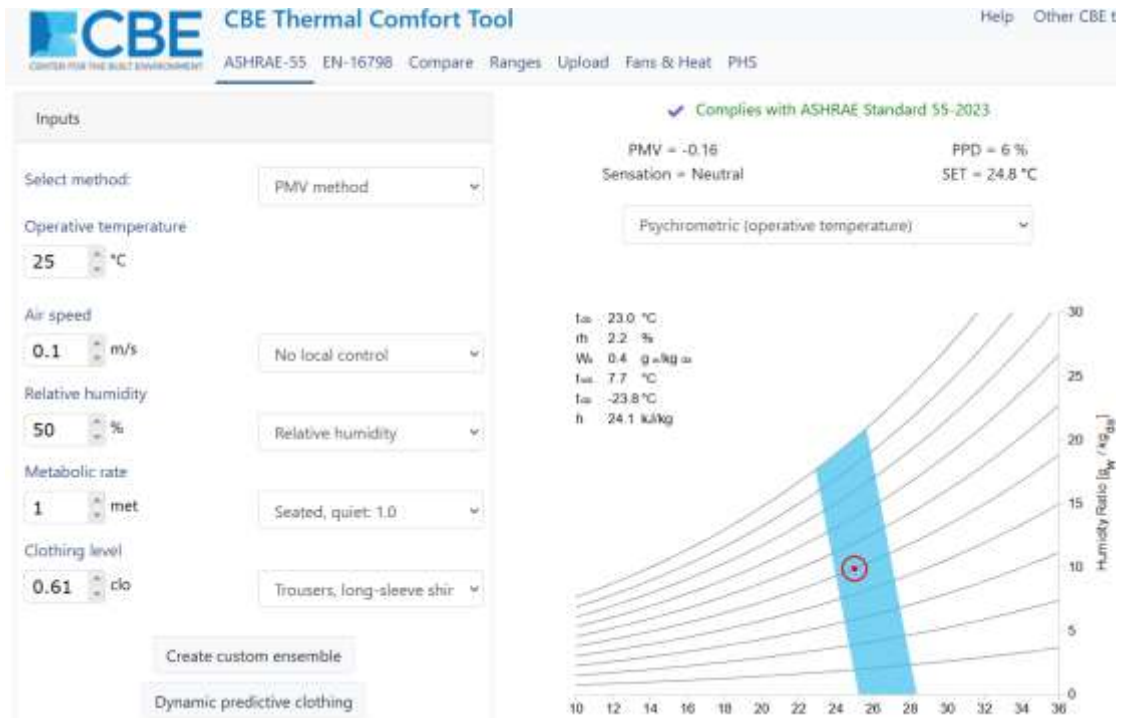
#### **8.2.4. B.03 CBE Comfort Thermal Tool**

Esta herramienta fue desarrollada por la universidad de California de Berkeley para el cálculo y visualización del confort térmico, este instrumento cumple con las normas ASHRAE 55-2023, ISO 7730:2005 y EN 16798-1:2002.

Incluye los principales modelos de confort térmico como Predict Mean Vote (PMV), modelos adaptativos y proporciona visualizaciones dinámicas.

## Imagen 65

Interfaz para aplicar el método PMV en CBE Comfort Thermal Tool



Nota\*. Se presenta el programa utilizado para medir el confort térmico.

## 8.3. Anexo C. Autorización de Acceso para Pruebas Térmicas



"Un Albarracino no se rinde jamás"  
**Institución Educativa "Coronel Gregorio Albarracín"**

TACNA - PERÚ

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA  
 CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO".

Tacna, 13 de diciembre del 2024.

CARTA N° 108 -2024-D-IE- 42003 "CGA"

**SEÑOR:**  
**HERMES AARON LAQUI HERNÁNDEZ**  
 Correo electrónico: aronoxd@gmail.com  
 Celular: 921395603

Presente.-

De mi consideración:

**ASUNTO: Comunico respuesta.**

**Referencia: FUT. REG. N° 310-2024.**

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarla cordialmente, a la vez, manifiestarle que ha sido aceptada su solicitud de autorización para aplicar instrumentos para el desarrollo de investigación de Tesis Titulada: "ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS DE VENTILACIÓN NATURAL Y SU INFLUENCIA EN EL CONFORT TÉRMICO EN LAS AULAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA CORONEL GREGORIO ALBARRACÍN".

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente;



*S. GARCIA*

**DRA. SONIA EMERITA GOMEZ GARCIA**  
 DIRECTORA  
 IE-42003 CORONEL GREGORIO ALBARRACIN  
 TACNA

SEGG/Directora IE  
 C.c: Archivo

Dirección: Avenida Cuzco N° 444 – Tacna  
 Teléfono: (052) 246570 - 246646 - 424135

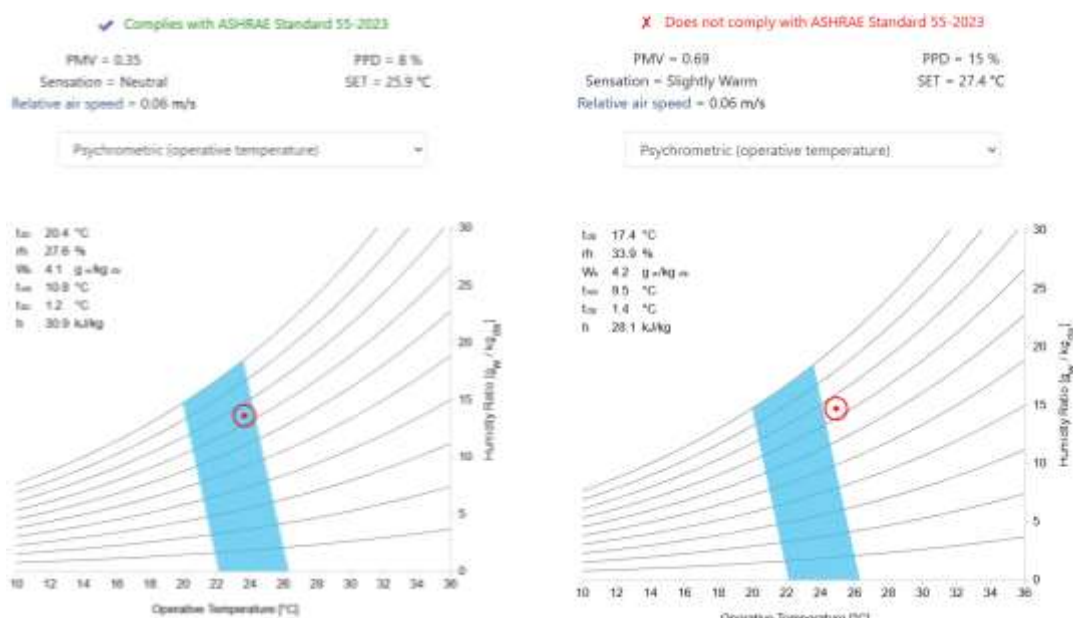
## 8.4. Anexo D. Evaluación del Confort Térmico

A continuación, se muestra los resultados del software *CBE Thermal Comfort Tool* para la evaluación del confort térmico, donde se ingresaron los resultados de las mediciones ambientales en las aulas de los 3 pabellones, y es este nos indica si cumple o no con la norma internacional *ASHRAE 55-2023*.

### 8.4.1. Confort Térmico en Aulas del Primer Nivel

#### Imagen 66

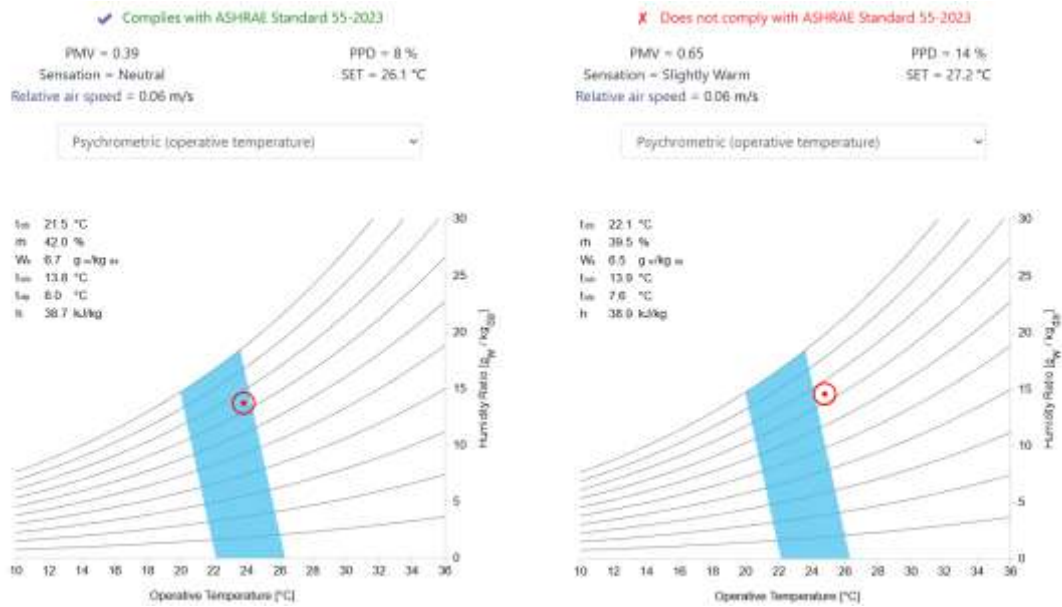
*Confort térmico en el aula A-101*



*Nota\**. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

**Imagen 67**

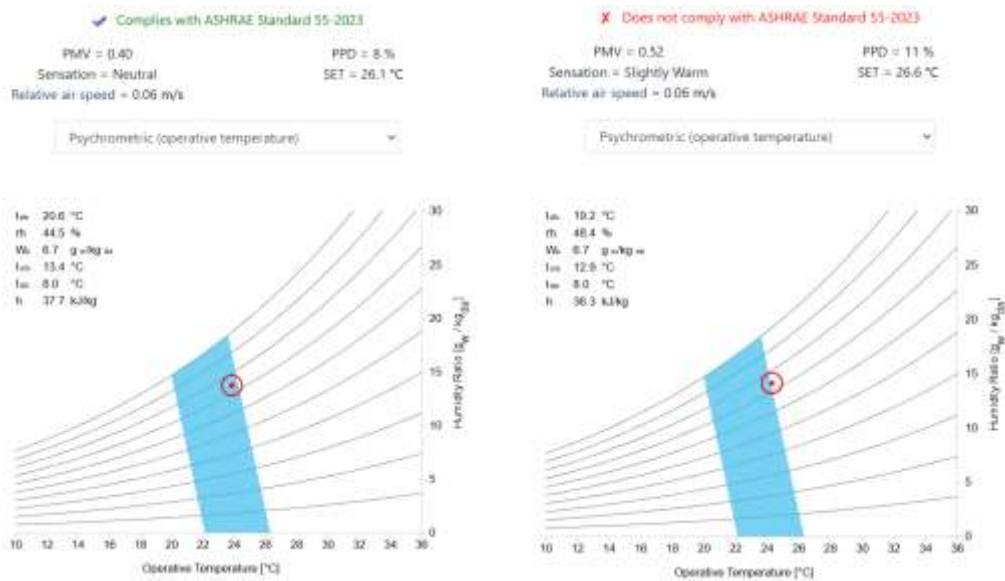
*Confort térmico en el aula A-103*



*Nota\**. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

**Imagen 68**

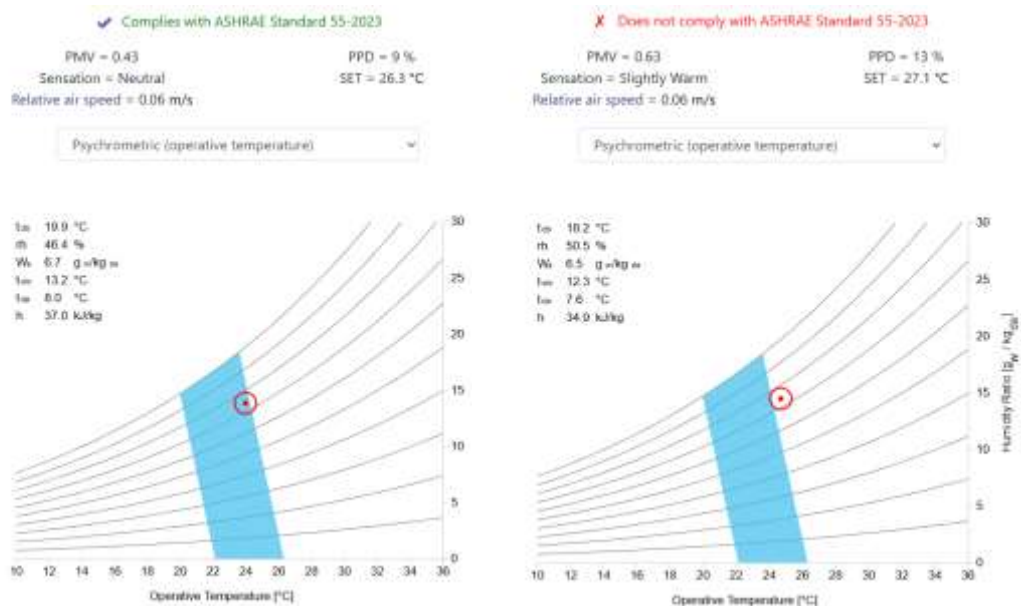
*Confort térmico en el aula A-105*



*Nota\**. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

### Imagen 69

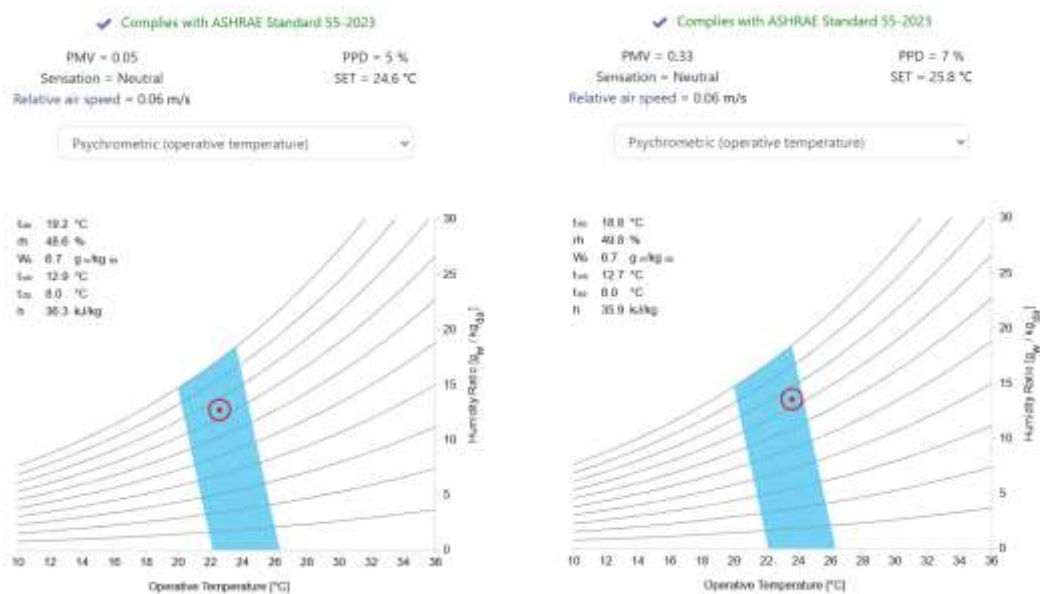
#### Confort térmico en el aula A-107



Nota\*. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

### Imagen 70

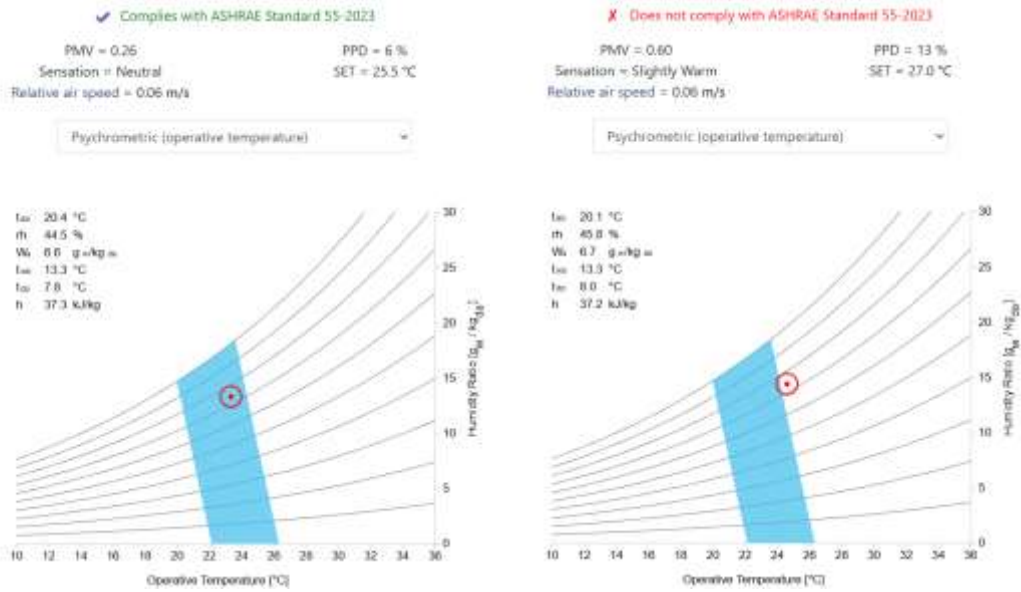
#### Confort térmico en el aula A-108



Nota\*. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

Imagen 71

Confort térmico en el aula A-110

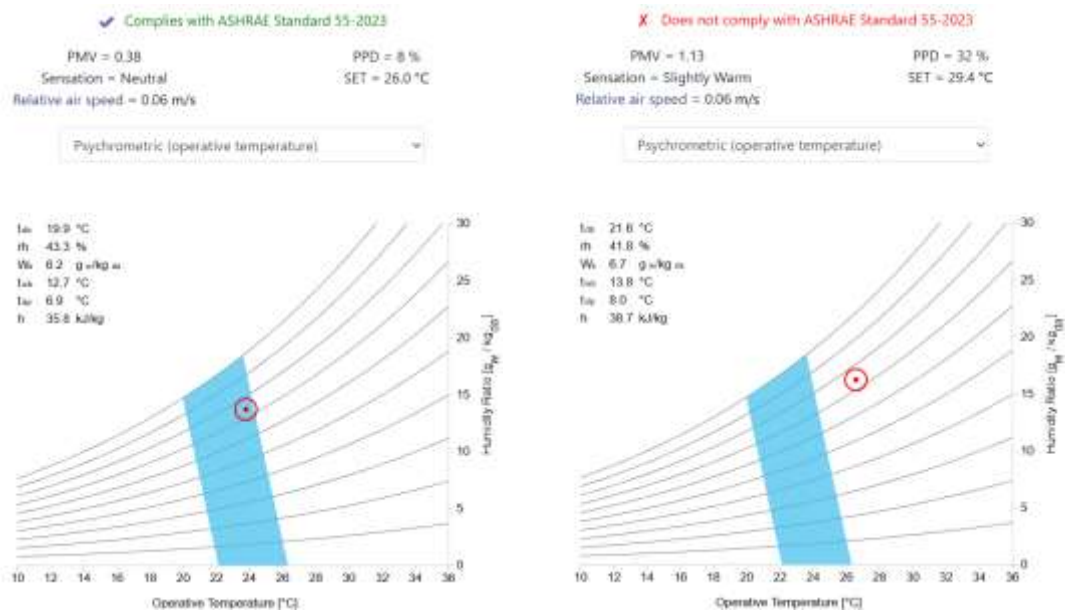


Nota\*. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

8.4.2. Confort térmico en Aulas del Segundo Nivel

Imagen 72

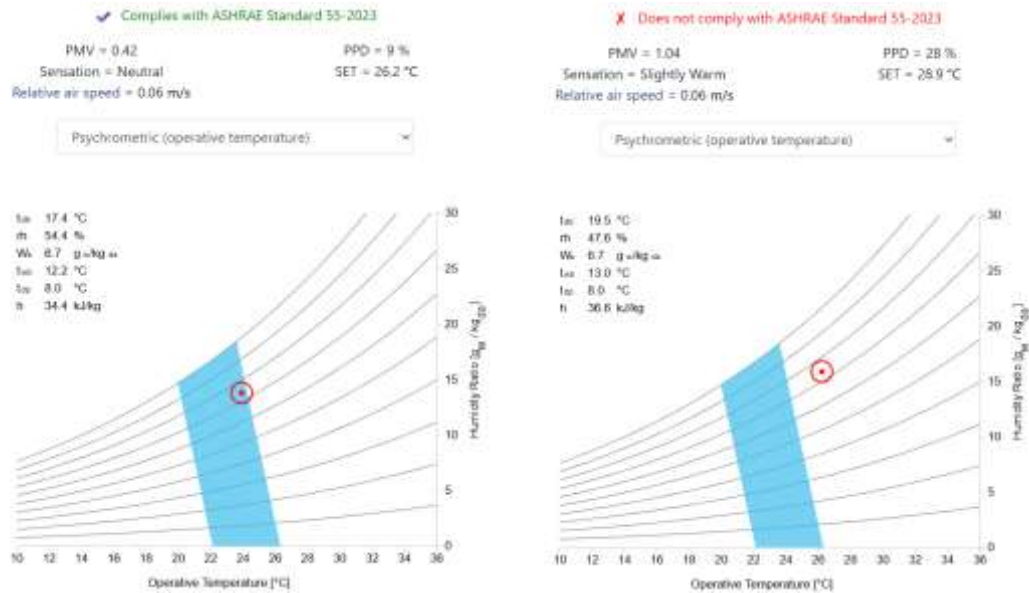
Confort térmico en el aula B-201



Nota\*. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

### Imagen 73

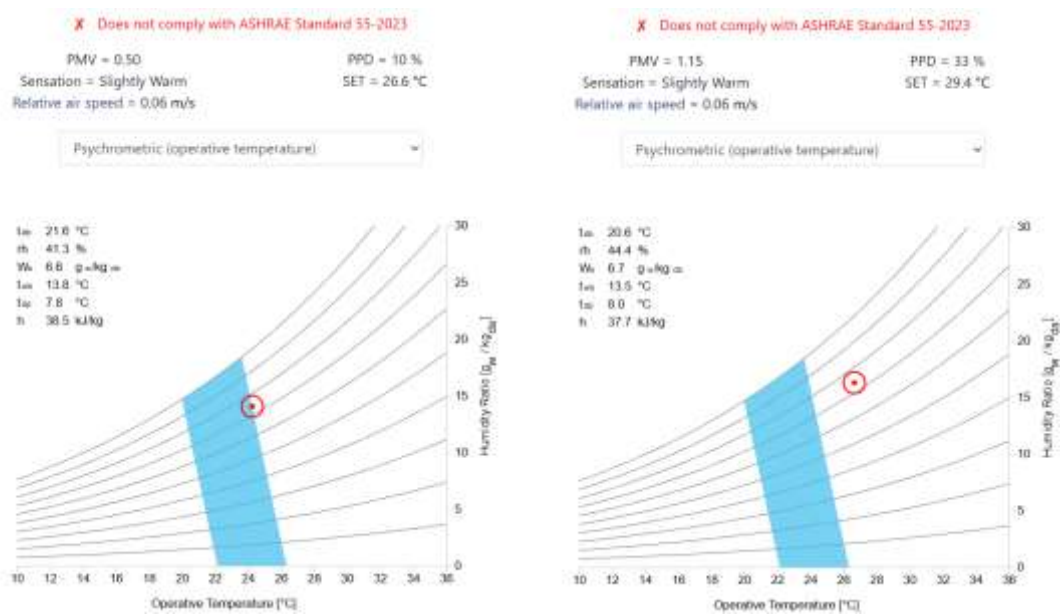
#### Confort térmico en el aula B-203



Nota\*. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

### Imagen 74

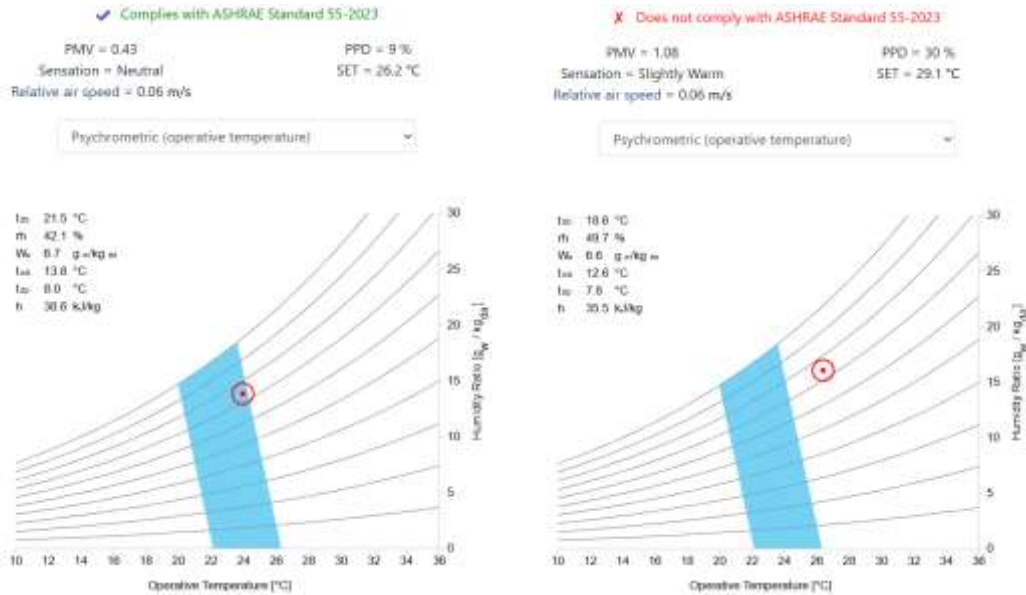
#### Confort térmico en el aula B-205



Nota\*. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

**Imagen 75**

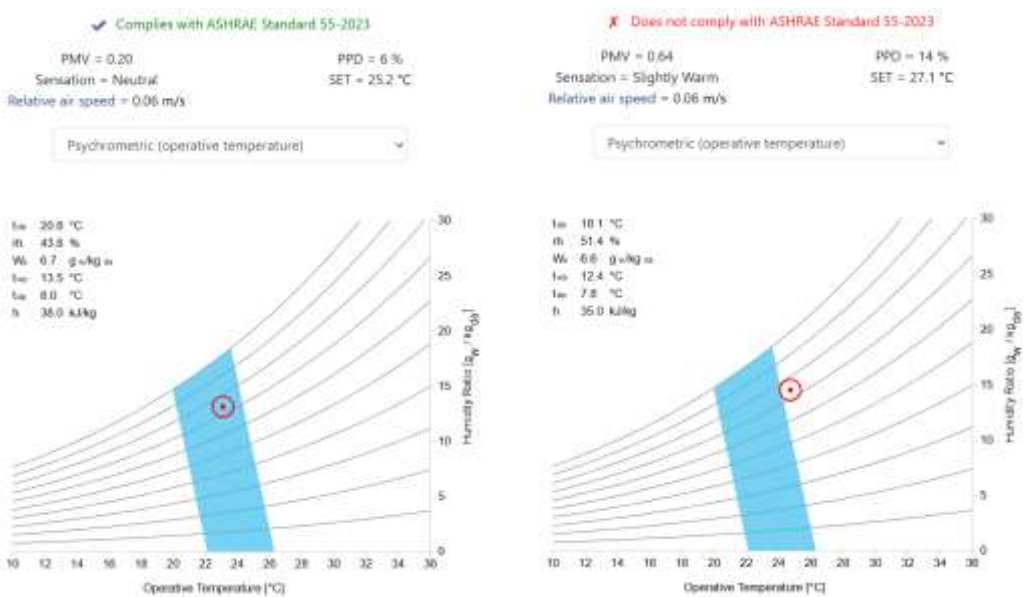
*Confort térmico en el aula B-207*



Nota\*. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

**Imagen 76**

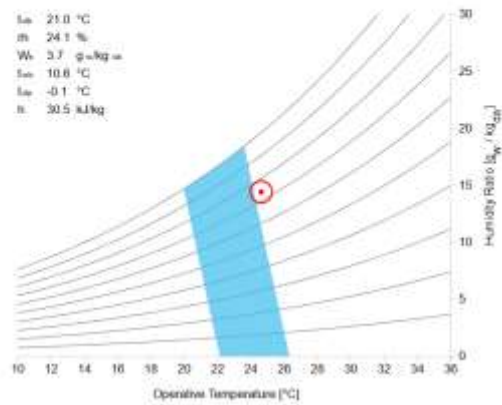
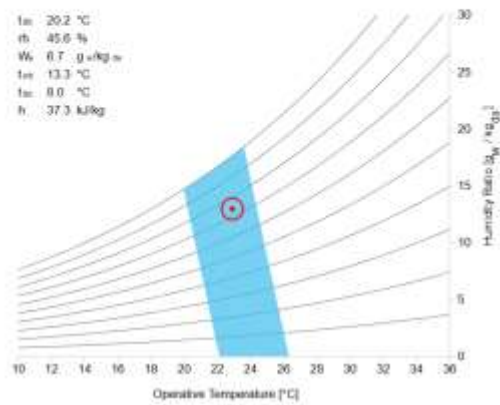
*Confort térmico en el aula B-208*



Nota\*. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.

## Imagen 77

### Confort térmico en el aula B-209



*Nota\**. De izquierda a derecha, se muestran los resultados del confort térmico a las 10:00 horas y a las 16:00 horas.