Designing for Learning: Bioclimatic design criteria for educational spaces

Villanueva-Julca, Josselyn Pamela[1]; Camizan-Zurita, Luzmila Mariella[2]; Soto-Holgado, Francisco[3]
[1,2,3]Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, *N00284786@upn.pe, N00339223@upn.pe@ , francisco.soto@upn.edu.pe*

Abstract– ***The purpose of this study is to identify, analyze, and systematize bioclimatic design criteria applicable to educational spaces in order to contribute to the development of more comfortable, efficient, and sustainable school infrastructure. This research responds to the need for educational buildings that are adapted to local climatic conditions, reducing energy consumption while improving indoor environmental quality for learning activities. The study was conducted using a qualitative, descriptive, and comparative research approach. A comprehensive literature review on bioclimatic architecture and passive design strategies was carried out, complemented by the analysis of six educational architectural case studies recognized for their sustainable design solutions. The selected projects were evaluated according to criteria related to natural ventilation, solar protection, daylighting, and thermal mass systems, allowing the identification of the most effective environmental design strategies. The findings reveal that the implementation of bioclimatic principles significantly improves thermal and visual comfort, reduces dependence on mechanical cooling systems, and contributes to lower energy consumption. In addition, the study highlights the effectiveness of passive strategies such as shading devices, courtyards, ventilated roofs, thermal mass materials, and cross-ventilation systems in enhancing environmental performance and creating healthier learning environments. The study concludes that bioclimatic design is a fundamental approach for contemporary educational architecture, as it enables buildings to respond effectively to local climatic conditions while promoting sustainability, user well-being, and long-term energy efficiency.***

Keywords-- bioclimatic strategies; educational architecture; thermal comfort; passive design; sustainability.

Diseñar para el Aprendizaje: criterios de diseño bioclimático

Villanueva-Julca, Josselyn Pamela[1]; Camizan-Zurita, Luzmila Mariella[2]; Soto-Holgado, Francisco[3]
[1,2,3]Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, *N00284786@upn.pe, N00339223@upn.pe*
, *francisco.soto@upn.edu.pe*

***Resumen*– *El propósito de este estudio es identificar, analizar y sistematizar los criterios de diseño bioclimático aplicables a espacios educativos, con el fin de contribuir al desarrollo de infraestructuras escolares más confortables, eficientes y sostenibles. La investigación surge ante la necesidad de diseñar edificaciones que respondan adecuadamente a las condiciones climáticas del entorno, reduciendo el consumo energético y mejorando la calidad ambiental de los espacios destinados al aprendizaje. La metodología empleada corresponde a un enfoque cualitativo de carácter descriptivo y comparativo. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica de fuentes especializadas relacionadas con la arquitectura bioclimática y el diseño pasivo, complementada con el análisis de seis referentes arquitectónicos educativos reconocidos por la implementación de estrategias sostenibles. Los casos de estudio fueron evaluados a partir de criterios vinculados a la ventilación natural, la protección solar, la iluminación natural y los sistemas de inercia térmica, permitiendo identificar las soluciones más recurrentes y efectivas para el acondicionamiento ambiental de los espacios educativos. Los resultados evidencian que la aplicación de estrategias bioclimáticas favorece significativamente el confort térmico y contribuye a la disminución del consumo energético de las edificaciones. Asimismo, se observó que la integración de elementos como celosías, aleros, patios, cubiertas ventiladas, materiales de alta masa térmica y sistemas de ventilación cruzada permite mejorar el desempeño ambiental de los edificios escolares, generando ambientes más saludables que favorecen el desarrollo de las actividades educativas. Se concluye que el diseño bioclimático constituye una herramienta fundamental para la arquitectura educativa contemporánea, ya que permite responder a las condiciones climáticas locales mediante estrategias pasivas que promueven la sostenibilidad, el bienestar de los usuarios y una mayor eficiencia en el funcionamiento de las edificaciones.*

Palabras clave*--** ***estrategias bioclimática; arquitectura educativa; confort térmico; diseño pasivo; sostenibilidad.

I. Introducción

La creciente preocupación por las condiciones ambientales en los espacios educativos ha impulsado la búsqueda de estrategias de diseño que mejoren el bienestar y el desempeño de los estudiantes. Esta necesidad cobra especial importancia si se considera que los niños y jóvenes pasan gran parte de su tiempo diario en las instituciones educativas, llegando incluso a permanecer más horas en ellas que en sus propios hogares durante los días lectivos. En este contexto, las condiciones de confort ambiental del espacio escolar influyen directamente en su salud, concentración y proceso de aprendizaje. Sin embargo, muchas instituciones educativas, especialmente en países de América Latina, han sido construidas sin considerar adecuadamente las características climáticas del lugar, generando problemas de sobrecalentamiento, iluminación insuficiente, escasa ventilación y una elevada dependencia de sistemas artificiales para alcanzar condiciones mínimas de confort.

Se ha demostrado que factores como la iluminación natural, la ventilación adecuada, el confort térmico y la calidad del aire influyen directamente en la concentración, el rendimiento académico y la salud de los estudiantes [1]. Por ello, las nuevas tendencias en arquitectura educativa promueven la incorporación de criterios bioclimáticos desde las primeras etapas de diseño, permitiendo crear ambientes más saludables, eficientes y sostenibles.

Esta situación es particularmente grave en la infraestructura pública de América Latina, ya que existe una relación directa entre las condiciones físicas del aula y qué tan bien aprende un estudiante [2]. Si un alumno no puede concentrarse porque siente demasiado calor, porque el ruido exterior lo distrae o porque la iluminación es insuficiente, su rendimiento cae inevitablemente. Lamentablemente, una gran parte de nuestros colegios, especialmente en zonas rurales siguen siendo espacios precarios, con carencias básicas que limitan el desarrollo integral de niños y jóvenes [3]. Esta falta de inversión en soluciones sostenibles no solo es un problema de dinero, es un problema de exclusión: estamos dejando a los estudiantes más vulnerables en entornos que, por su mal diseño, frenan su motivación y sus ganas de aprender [4].

El vacío principal es la falta de una "lógica climática" en el diseño. Muchos colegios se proyectan de la misma manera sin importar si están en la costa, la sierra o la selva, ignorando que el edificio debería aprovechar el sol, el viento y la sombra para crear confort de forma natural. Esta falta de criterios bioclimáticos convierte al aula en una fuente de estrés constante. Al no diseñar pensando en el confort ambiental, obligamos a los estudiantes a esforzarse el doble para mantener la atención, convirtiendo el espacio en un enemigo del proceso pedagógico en lugar de ser un aliado [5].

Ante este escenario, aplicar el diseño bioclimático no es un lujo ni una tendencia pasajera; es una necesidad básica para hacer justicia educativa. El diseño bioclimático propone que el colegio aprenda a trabajar con su entorno: aprovechando la brisa para ventilar naturalmente, usando la luz solar de forma controlada para no deslumbrar y gestionando el calor para que el aula sea un lugar agradable durante todo el año. Al integrar estos criterios desde la etapa inicial del proyecto, logramos edificaciones que no dependen de sistemas artificiales costosos para ser habitables, sino que utilizan técnicas pasivas y sencillas que cualquier colegio podría implementar.

A esta visión se suma la perspectiva de que un diseño escolar que ignora las condiciones climáticas locales obliga a un uso excesivo de sistemas artificiales, lo cual, además de ser insostenible financieramente para el Estado, genera ambientes monótonos que reducen la conexión biofílica del estudiante con su entorno [6]. Asimismo, la integración de criterios bioclimáticos debe entenderse como un requisito esencial para la resiliencia escolar, alejándose de la noción de 'lujo'. Una escuela proyectada bajo esta lógica no solo garantiza confort, sino que funciona como una herramienta didáctica activa, donde la arquitectura misma se convierte en un referente de sostenibilidad para la comunidad estudiantil.

En el Perú, este enfoque ya cuenta con un respaldo normativo que incorpora características orientadas al confort térmico, lumínico y a la calidad ambiental de los espacios educativos [7]; sin embargo, estas disposiciones aún resultan insuficientes para garantizar una implementación integral del diseño bioclimático. La normativa contempla recomendaciones generales relacionadas con las condiciones ambientales, pero no establece criterios específicos ni mecanismos de evaluación que aseguren su aplicación efectiva en los proyectos educativos. Como consecuencia, muchas instituciones continúan desarrollándose bajo modelos estandarizados que no responden adecuadamente a las particularidades climáticas de cada región. En este contexto, resulta necesario fortalecer la incorporación de estrategias bioclimáticas desde las etapas iniciales de diseño para promover espacios educativos más eficientes, confortables y sostenibles.

Es por ello que el presente artículo tiene como propósito identificar y sistematizar los criterios de diseño bioclimático aplicables a centros educativos. Buscamos ofrecer una guía clara y una base técnica que permita a los arquitectos y gestores de infraestructura orientar sus intervenciones, transformando los colegios en espacios que realmente cuiden a quienes aprenden en ellos, tanto en el ámbito peruano como en el resto de América Latina.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación se enmarca en un estudio de tipo descriptivo, orientado a identificar y definir las características fundamentales de las variables de arquitectura bioclimática aplicadas al entorno educativo. El enfoque adoptado es de carácter cualitativo, dado que el proceso de recolección y tratamiento de la información se centra en el registro de datos cualitativos mediante técnicas de análisis formal y observación directa.

En una etapa inicial, se realizó una revisión de seis documentos especializados que explican los principios del diseño pasivo. Este análisis permitió contar con una base de conocimientos completa, que va desde los fundamentos históricos hasta los criterios actuales para lograr el confort ambiental [8]. La investigación toma como eje principal una guía especializada en estrategias de diseño pasivo [9], apoyada por aportes clave sobre la relación directa entre el clima y la forma de los edificios [10].

Asimismo, se incluyeron guías prácticas y obras especializadas [11, 12], los cuales ofrecen pautas claras para aplicar estrategias climáticas. Finalmente, se integró investigación científica sobre el confort térmico en aulas [13], lo que permitió actualizar los estándares de comodidad y desempeño escolar en zonas de clima cálido.

Al estudiar estos seis documentos, se confirmó que todos coinciden en que los principios de diseño pasivo son la herramienta más eficaz para reducir el calor excesivo en las escuelas. Es fundamental destacar que los sistemas de ventilación, sistemas de protección solar y sistemas de inercia térmica no funcionan de manera aislada; los seis documentos analizados entrelazan estas estrategias como un conjunto necesario para lograr el confort. Por ejemplo, el uso de estos enfoques [8,9,10,11,12,13] coincide en que una ventilación eficiente requiere de una protección solar previa para evitar que el aire entrante se caliente, mientras que la inercia térmica actúa como un regulador que estabiliza la temperatura, optimizando el funcionamiento de los otros dos sistemas, información que se detalla en la TABLA I.

Posteriormente, se definieron los parámetros para la selección de casos de estudio. Este proceso fue fundamental, dado que, en contraste con las escuelas convencionales, diversos proyectos educativos contemporáneos han logrado optimizar la experiencia de aprendizaje mediante el aprovechamiento estratégico de las condiciones climáticas locales. En estos casos, la implementación de estrategias como la ventilación, el control solar y la inercia térmica ha demostrado reducir el consumo energético, garantizando mejores condiciones ambientales para los usuarios.

Basado en estos requisitos, se realizó una revisión técnica de 20 casos arquitectónicos. Cada referente fue evaluado mediante una matriz de ponderación que utilizó una escala Likert del 1 al 3, con el objetivo de definir su nivel de pertinencia frente a los criterios planteados. Esta evaluación

consideró variables clave como los premios de arquitectura obtenidos, la ubicación geográfica y la eficacia técnica en tres ámbitos principales: sistemas de ventilación, sistemas de protección solar y sistemas de inercia térmica. Este análisis permitió obtener una puntuación final por cada proyecto, facilitando la identificación de las propuestas con mayor rigor técnico para su posterior estudio y análisis profundo, información que se detalla en la TABLA II.

Este ejercicio comparativo no solo ayuda a identificar las soluciones que mejor funcionan en la arquitectura educativa actual, sino que también ofrece una base técnica sólida para establecer criterios de diseño que se pueden aplicar en futuros proyectos. De esta manera, aseguramos que los resultados de esta investigación sirvan para lograr un mejor desempeño térmico y, al mismo tiempo, condiciones más cómodas para el aprendizaje de los estudiantes.

Para sistematizar la evaluación de las estrategias bioclimáticas, se seleccionaron los seis proyectos con mayor puntuación para un análisis cualitativo y comparativo profundo. El estudio se estructuró sobre la base de 12 criterios de diseño, derivados de los principios fundamentales de la arquitectura pasiva, los cuales fueron sistematizados en la TABLA III.

Dicha matriz organiza el análisis en tres dimensiones estratégicas: sistemas de protección solar, sistemas de ventilación y sistemas de inercia térmica. Esta clasificación permitió examinar con precisión cómo cada infraestructura escolar modula su interacción con el entorno climático para garantizar el confort ambiental.

A través de este desglose técnico, el análisis trasciende la observación descriptiva de los casos, permitiendo identificar patrones de respuesta arquitectónica que sirven como evidencia empírica para la formulación de los criterios de diseño propuestos. De este modo no solo se sintetiza el comportamiento pasivo de los proyectos analizados, sino que constituye el eje argumentativo que fundamenta las recomendaciones técnicas de esta investigación.

Como fase final a partir del análisis técnico detallado de los 12 criterios de diseño, se han definido los lineamientos que se presentan a continuación. Esta sistematización permite transformar los resultados obtenidos en las escuelas analizadas en recomendaciones prácticas y concretas. Estos lineamientos actúan como una guía de referencia para futuros proyectos educativos, facilitando la toma de decisiones proyectuales que prioricen el confort térmico y el aprovechamiento eficiente de los recursos climáticos, información que se detalla en la TABLA IV.

TABLA I
DOCUMENTOS DE SUSTENTO TEORICO DE LA INVESTIGACION

Libro	Autor	Año
Guía de estrategias de diseño pasivo para la edificación	Instituto valenciano de la edificación (IVE)	2014
Manual de arquitectura bioclimática y sustentable	Guillermo Enrique Gonzalo	2015
Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism	Víctor Olgyay	1963
Arquitectura y energía natural	Ralph Knowles	1974
Arquitectura bioclimática y sustentable	Alfredo Esteves	2017

Articulo Científico	Autor	Año
Recomendaciones de diseño para definir la situación de confort térmico en aulas escolares en clima cálido	Olga Lucía Montoya Flórez y Gustavo Alberto San Juan	2022

Nota: La información presentada garantiza el respaldo teórico de la investigación, sustentándose en fuentes bibliográficas reconocidas sobre arquitectura bioclimática y diseño pasivo.

TABLA II
TABLA DE SELECCIÓN DE CASOS ARQUITECTONICOS SEGÚN ESCALA LIKERT DEL 1 AL 3

Casos arquitectónicos	Criterios de selección: Premios — Ha sido reconocido por implementar criterios	Ubicación — Se ubica en un clima cálido favorable a estrategias pasivas.	Sistema de ventilación — Emplea ventilación natural para renovar y enfriar el aire.	Sistema de protección solar — Integra protección solar para reducir la ganancia de calor radiante.	Sistemas de inercia térmica — Incorpora inercia térmica para reducir las variaciones y transferencia de calor.	TOTAL
Grope scolaire pasteurs	1	3	3	3	2	15
Jardín de infancia a frican flow	1	3	3	3	3	13
Escuela infantil y centro elsa triolet	1	2	2	2	2	9
Escuela primaria en gando	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**15**
Escuela comunitaria primaria para niñas	2	3	3	3	3	14
St, benedict"s junior school	2	2	3	3	2	12
Universidad de ingeniería y tecnología (utec)	2	2	3	3	3	14
Pontificada universidad católica del perú (pucp)	2	2	2	2	3	11
CEPT University	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**15**
Bienestar y vida estudiantil-universidad de lima	3	2	3	3	2	13
Colegio frankiln delano roosevelt	2	3	3	2	2	12
Escuela pública de sector ángeles	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**15**
Escuela manuel anabalon saez	2	3	3	3	2	13
Institucion educativa rural siete vueltas	2	3	3	3	3	14
Colegio Asa Steam	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**15**
Escuela waldorf casa de las estrellas	3	3	3	3	3	14
Escuela n300 colonia nicolich	2	2	3	3	2	12
Escuela Shiv Nadar	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**15**
Escuela primaria comunitaria cof	2	3	3	3	2	13
Nueva escuela en la comunidad nativa de jerusalén de miñaro	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**15**

Nota: Los valores presentados constituyen el sustento técnico para la selección y análisis de los casos de estudio, permitiendo evaluar la aplicación y desempeño de las estrategias bioclimáticas en cada proyecto.

TABLA III
TABLA DE CRITERIOS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICOS EN RELACIÓN CON LOS CASOS ARQUITECTONICOS.

N.º	Grupos	Criterios de diseño	Casos arquitectónicos					
			CEPT university	Escuela Shiv Nadar	Colegio Asa steam	Escuela primaria en gando	Nueva Escuela en la Comunidad Nativa	Escuela Pública de Sector Ángeles
1	Sistemas de protección solar	Aleros y voladizos en fachadas este y oeste para proteger los espacios educativos de la radiación solar de las primeras y últimas horas del día.	x	x	x	x	x	x
2		Parasoles y quiebra soles para filtrar la radiación del sol.	x		x	x	x	x
3		Corredores y galerías perimetrales techadas como espacios de transición térmica y protección frente al sol .	x	x	x	x	x	x
4		Elementos reflectantes en cubiertas, pavimentos y espacios exteriores para reducir la acumulación de calor y mejorar el confort térmico del conjunto educativo.			x	x	x	x
5	Sistemas de ventilación	Cubiertas elevadas para reducir la ganancia térmica solar y la ventilación.		x	x	x	x	
6		Patios con vegetación para permitir ventilación cruzada, Favoreciendo la ventilación natural y disminuir la temperatura de los espacios exteriores.	x	x	x	x	x	x
7		Dobles alturas y vacíos arquitectónicos para favorecer la termo circulación del aire caliente mediante efecto chimenea.	x	x	x	x	x	x
8		Ventanas altas y bajas operables para favorecer la ventilación cruzada.	x	x	x	x	x	x
9		Espacios intermedios semicubiertos como amortiguadores térmicos entre el exterior y las aulas.	x	x	x	x	x	x
10		Distribución modular de los pabellones para evitar barreras al flujo del viento y mejorar la ventilación natural del conjunto educativo.	x	x	x	x	x	x
11		Orientación estratégica de fachadas según la trayectoria solar	x	x	x	x		
12	Sistemas de inercia termica	Elementos de inercia térmica para amortiguar el ingreso del calor exterior	x		x	x		

Nota: Los criterios de diseño presentados se estructuran a partir de estrategias pasivas fundamentales, permitiendo contrastar su implementación efectiva en los casos de estudio de mayor impacto.

TABLA IV
GUÍA DE LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO PASIVO EN ARQUITECTURA EDUCATIVA.

N.º	Lineamiento de diseño	Resultados
	Sistemas de Protección Solar	
1	Integrar aleros y voladizos en fachadas este y oeste para interceptar la radiación solar en los periodos críticos de sobrecalentamiento.	Caso N.º 1,2,3,4,5,6
2	Implementar parasoles y quiebra soles en fachadas críticas para optimizar la filtración de radiación directa y reducir drásticamente la ganancia térmica.	Caso N.º 1,3,4,5,6
3	Disponer corredores y galerías perimetrales techadas en el perímetro de las aulas para actuar como zonas de transición térmica y protección solar.	Caso N.º 1,2,3,4,5,6
4	Aplicar acabados reflectantes en cubiertas, pavimentos y espacios exteriores para reducir la acumulación de calor y mitigar el efecto de isla térmica.	Caso Nº3,4,5,6
	Sistemas de Ventilación	
5	Implementar cubiertas elevadas para reducir la ganancia térmica solar y fomentar la ventilación natural en la envolvente superior de la edificación.	Caso N.º 1,2,3,4,5
6	Diseñar patios con vegetación en los espacios exteriores para permitir la ventilación cruzada y disminuir la temperatura ambiental.	Caso N.º 1,2,3,4,5,6
7	Incorporar dobles alturas y vacíos arquitectónicos en el interior de los bloques para favorecer la termo circulación del aire mediante el efecto chimenea.	Caso N.º 1,2,3,4,5,6
8	Instalar ventanas altas y bajas operables en las paredes de las aulas para favorecer la ventilación cruzada y el recambio constante de aire.	Caso N.º 1,2,3,4,5,6
9	Configurar espacios intermedios semicubiertos entre el exterior y el interior para funcionar como amortiguadores térmicos del confort ambiental.	Caso N.º 1,2,3,4,5,6
10	Organizar pabellones con distribución modular en el conjunto educativo para evitar barreras al flujo del viento y mejorar la ventilación.	Caso N.º 1,2,3,4,5,6
11	Orientar estratégicamente las fachadas de los ambientes educativos según la trayectoria solar para recibir luz natural constante sin ganancia térmica excesiva.	Caso N.º 1,2,3,4
	Sistemas de Inercia Térmica	
12	Utilizar elementos de inercia térmica en muros y estructuras para amortiguar el ingreso de calor exterior durante el horario educativo.	Caso N.º 1,3,4,5

Nota: Esta guía garantiza la replicabilidad de los resultados de la investigación, estableciendo lineamientos validados a partir del análisis técnico de los casos de estudio seleccionados.

III. Resultados y Discusión

En esta sección se realiza el análisis comparativo de seis referentes arquitectónicos seleccionados por su destacado enfoque en la arquitectura bioclimática y su capacidad para integrar el entorno natural con la experiencia pedagógica. La muestra incluye proyectos de diversos contextos climáticos, lo que permite validar la flexibilidad y universalidad de los criterios de diseño bioclimático establecidos. A través de la observación directa y el análisis formal de estos casos, se

examina cómo las estrategias de protección solar, ventilación natural e inercia térmica no solo responden a las exigencias ambientales, sino que también potencian la calidad espacial y el confort térmico de los usuarios. Los resultados permiten verificar la aplicación práctica de estos lineamientos, demostrando que la respuesta al clima es un factor determinante en la eficiencia y sostenibilidad de los locales educativos contemporáneos.

1.CEPT University (India): Diseñado por Balkrishna Doshi, es un referente de arquitectura moderna adaptada al clima cálido. El proyecto destaca por el uso de materiales locales, una configuración espacial que favorece la ventilación cruzada en todos sus ambientes y una estrecha integración con la vegetación circundante. Estas estrategias permiten mejorar el confort ambiental de manera pasiva y reducir la necesidad de sistemas artificiales de climatización.



Fig. 1 Análisis gráfico de estrategias pasivas de protección solar y ventilación natural de CEPT University. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily

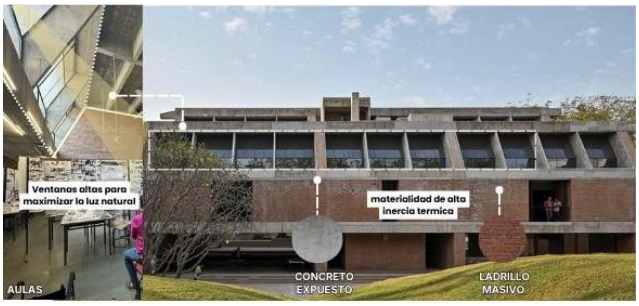


Fig. 2 Análisis gráfico de estrategias pasivas de ventilación natural e inercia térmica de CEPT University. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily



Fig. 3 Análisis gráfico de estrategias de ventilación natural y cruzada de CEPT University. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily

2.Escuela Shiv Nadar (India): Diseñada por Morphogenesis, este proyecto destaca por su innovadora propuesta bioclimática basada en una cubierta de doble curvatura de alta eficiencia térmica. Esta solución arquitectónica favorece el ingreso de luz natural difusa y potencia la ventilación natural, permitiendo regular el clima interior de manera pasiva y reduciendo la dependencia de sistemas mecánicos de acondicionamiento.



Fig. 4 Análisis gráfico de estrategias de protección solar y ventilación natural de la Escuela Shiv Nadar. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily



Fig. 5 Análisis gráfico de estrategias de protección solar y ventilación natural de la Escuela Shiv Nadar. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily

3.Colegio ASA STEAM (Paraguay): Diseñado por Equipo de Arquitectura, este proyecto destaca por su reinterpretación de la materialidad local. La envolvente del proyecto utiliza un sistema de ladrillo visto y celosías de madera de alta precisión, que funcionan como dispositivos bioclimáticos. Esta estrategia no solo optimiza el control de la radiación solar, sino que garantiza una alta eficiencia en la habitabilidad interior, logrando un equilibrio entre la apertura visual hacia el paisaje y el confort térmico necesario para el aprendizaje.



Fig. 6 Análisis gráfico de estrategias de ventilación natural del Colegio Asa Steam. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily.



Fig. 7 Análisis gráfico de estrategias de protección solar y ventilación del Colegio Asa Steam. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily.

4.Escuela Primaria en Gando (Burkina Faso): Diseñada por Diébédo Francis Kéré, es un ejemplo sobresaliente de arquitectura sostenible adaptada al clima africano. El proyecto emplea bloques de tierra comprimida y una cubierta elevada de acero que permite la circulación constante del aire. Sus amplios aleros y espacios ventilados brindan protección solar y confort térmico, creando ambientes de aprendizaje frescos y eficientes.



Fig. 8 Análisis gráfico de estrategias de protección solar y ventilación de la Escuela Primaria en Gando. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily.



Fig. 9 Análisis gráfico de estrategias de protección solar y ventilación de la Escuela Primaria en Gando. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily.

5.Nueva Escuela en la Comunidad Nativa de Jerusalén de Miñano (Perú): Diseñada por la organización peruana AMA (Arquitectura y Medio Ambiente), es un ejemplo de arquitectura educativa bioclimática adaptada al clima tropical amazónico. El proyecto destaca por el uso de cubiertas de gran volado, espacios permeables y una organización modular que favorece la ventilación natural y la protección solar. Asimismo, incorpora materiales locales y estrategias pasivas de diseño que mejoran el confort térmico de los usuarios y fortalecen su integración con el entorno natural y cultural de la comunidad.



Fig. 10 Análisis gráfico de estrategias de inercia térmica y ventilación natural de la Nueva Escuela en la Comunidad Nativa. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily.



Fig. 11 Análisis gráfico de estrategias de protección solar y ventilación natural de la Nueva Escuela en la Comunidad Nativa. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily.

6.Escuela Pública de Sector Ángeles (Costa Rica): Diseñada por Natura Futura Arquitectura, es un ejemplo de arquitectura educativa adaptada a las condiciones climáticas locales mediante la aplicación de estrategias pasivas de diseño. El proyecto destaca por el uso de corredores techados, amplios aleros y una adecuada orientación de los espacios, favoreciendo la ventilación cruzada y el ingreso de iluminación natural. Estas soluciones contribuyen a mejorar el confort térmico de los usuarios y a reducir la incidencia directa de la radiación solar sobre las aulas, optimizando el desempeño ambiental de la edificación.



Fig. 12 Análisis gráfico de estrategias de protección solar y ventilación natural de la Escuela Pública de Sector Angeles. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily.



Fig. 13 Análisis gráfico de estrategias de protección solar y ventilación natural de la Escuela Pública de Sector Angeles. Elaboración propia sobre fotografía de Archdaily.

A partir de la sistematización de los casos analizados, es posible discutir la eficacia de las estrategias bioclimáticas implementadas en la infraestructura educativa contemporánea. Mientras que los resultados evidencian una diversidad de soluciones técnicas adaptadas a contextos climáticos específicos, la discusión revela una constante fundamental: el diseño bioclimático trasciende la eficiencia energética y se consolida como un componente activo y determinante en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

En primer lugar, la comparación entre los casos estudiados sugiere que la calidad ambiental entendida como el equilibrio entre confort térmico, lumínico y acústico no debe ser tratada como un añadido técnico, sino como una precondición para el bienestar pedagógico. Mientras que el marco teórico subraya la reducción del consumo energético como objetivo primario, nuestra investigación demuestra que, en los casos de mayor impacto, esta optimización funciona como un catalizador que mejora la habitabilidad del aula y reduce las distracciones provocadas por factores externos, como el estrés térmico o la falta de iluminación natural.

En segundo lugar, se identifica una brecha significativa entre las prácticas de diseño estándar y las estrategias observadas en los casos de alto impacto. Mientras que la arquitectura educativa convencional suele priorizar la estandarización volumétrica, los casos analizados proponen una arquitectura de respuesta climática, donde el edificio se comporta como un organismo que modula su interacción con el entorno. Esto sugiere que los criterios de diseño bioclimático no son universales, sino que deben sistematizarse bajo una lógica de adaptabilidad contextual.

Por consiguiente, los hallazgos de este estudio demuestran que la relevancia de los criterios bioclimáticos no reside únicamente en su capacidad de mitigar el impacto ambiental, sino en su potencial para transformar el espacio escolar en una herramienta didáctica activa. Para sistematizar esta relación entre teoría y práctica, la TABLA V sintetiza los criterios de diseño identificados, su descripción técnica, la aplicación observada en el caso de estudio y su impacto directo en el confort y el aprendizaje.

A partir de esta sistematización, se evidencia que los proyectistas deben abandonar las soluciones genéricas y adoptar estrategias contextualizadas que garanticen una calidad educativa superior. En última instancia, la arquitectura bioclimática se valida aquí no solo como una técnica de ecoeficiencia, sino como una responsabilidad ética orientada a consolidar espacios que fomenten el desarrollo humano y la equidad pedagógica.

TABLA V

MATRIZ DE ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LINEAMIENTOS BIOCLIMÁTICOS EN REFERENTES EDUCATIVOS.

Grupos	Lineamientos de diseño	Casos arquitectónicos	Punto Clave (Estrategia aplicada)
Sistemas de protección solar	Integrar aleros y voladizos en fachadas este y oeste para interceptar la radiación solar en los periodos críticos de sobrecalentamiento.	CEPT, Shiv Nadar, ASA, Gando, Com. Nativa, Sector Ángeles	Incorporación de elementos horizontales salientes en vanos y pasarelas para bloquear el sol cenital y de poniente, evitando la ganancia térmica directa en aulas
	Implementar parasoles y quiebra soles en fachadas críticas para optimizar la filtración de radiación directa y reducir drásticamente la ganancia térmica.	CEPT, ASA, Gando, Com. Nativa, Sector Ángeles	Uso de celosías de madera, paneles perforados o lamas verticales que tamizan la luz solar directa sin comprometer la iluminación natural difusa.
	Disponer corredores y galerías perimetrales techadas en el perímetro de las aulas para actuar como zonas de transición térmica y protección solar.	CEPT, ASA, Gando, Com. Nativa, Sector Ángeles	Disposición de corredores como zonas de transición y amortiguamiento térmico (espacio colchón), que generan sombra en las fachadas y reducen la ganancia solar directa hacia las aulas.
	Aplicar acabados reflectantes en cubiertas, pavimentos y espacios exteriores para reducir la acumulación de calor y mitigar el efecto de isla térmica.	CEPT, Shiv Nadar, ASA, Gando, Com. Nativa, Sector Ángeles	Empleo de pinturas claras, techos blancos o pavimentos de baja absorción para disminuir la acumulación de calor exterior y prevenir el efecto de isla térmica.
Sistemas de ventilación	Implementar cubiertas elevadas para reducir la ganancia térmica solar y fomentar la ventilación natural en la envolvente superior de la edificación.	CEPT, Shiv Nadar, ASA, Gando, Com. Nativa	Diseño de techos dobles o ventilados que permiten la evacuación del aire caliente acumulado en la parte alta de la envolvente edificatoria.
	Diseñar patios con vegetación en los espacios exteriores para permitir la ventilación cruzada y disminuir la temperatura ambiental.	CEPT, Shiv Nadar, ASA, Gando, Com. Nativa, Sector Ángeles	Articulación de patios centrales forestados que generan microclimas más frescos mediante la evapotranspiración y potencian el flujo de aire hacia los ambientes.
	Incorporar dobles alturas y	CEPT, Shiv	Inclusión de espacios

	vacíos arquitectónicos en el interior de los bloques para favorecer la termo circulación del aire mediante el efecto chimenea.	Nadar, ASA, Gando, Com. Nativa, Sector Ángeles	verticalmente integrados que facilitan la salida del aire caliente por diferencia de presiones, renovando el volumen interior.
	Instalar ventanas altas y bajas operables en las paredes de las aulas para favorecer la ventilación cruzada y el recambio constante de aire.	CEPT, Shiv Nadar, ASA, Gando, Com. Nativa, Sector Ángeles	Estrategia de ventilación cruzada mediante vanos a diferentes alturas, permitiendo el ingreso de aire fresco a nivel del usuario y la salida del aire viciado.
	Configurar espacios intermedios semicubiertos entre el exterior y el interior para funcionar como amortiguadores térmicos del confort ambiental.	CEPT, Shiv Nadar, ASA, Gando, Com. Nativa, Sector Ángeles	Uso de umbrales, atrios o terrazas techadas que reducen el contraste térmico drástico entre el exterior expuesto y el interior del aula.
	Organizar pabellones con distribución modular en el conjunto educativo para evitar barreras al flujo del viento y mejorar la ventilación.	CEPT, Shiv Nadar, ASA, Gando, Com. Nativa, Sector Ángeles	Emplazamiento disgregado o en peine de los bloques educativos que optimiza la permeabilidad eólica del conjunto frente a los vientos dominantes.
	Orientar estratégicamente las fachadas de los ambientes educativos según la trayectoria solar para recibir luz natural constante sin ganancia térmica excesiva.	CEPT, Shiv Nadar, ASA, Gando	Disposición de los ejes longitudinales de las aulas hacia orientaciones favorables (Norte-Sur en el hemisferio sur) para captar luz constante sin sobrecalentamiento.
Sistemas de inercia térmica	Utilizar elementos de inercia térmica en muros y estructuras para amortiguar el ingreso de calor exterior durante el horario educativo.	CEPT, ASA, Gando, Com. Nativa	Aprovechamiento de la masa térmica de materiales locales o pesados para retrasar la onda de calor diurna y liberarla gradualmente.

Nota: Matriz comparativa que sintetiza la aplicación de los lineamientos bioclimáticos en soluciones arquitectónicas concretas dentro de los referentes analizados, evidenciando su viabilidad y efectividad como base para el diseño del centro educativo.

IV. Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación confirman que el diseño de la infraestructura educativa no puede regirse bajo un modelo tipológico estandarizado, sino que requiere una respuesta arquitectónica rigurosamente adaptada a las condiciones climáticas, geográficas y ambientales de cada contexto. En este marco, el diseño pasivo se establece como el eje fundamental para garantizar el confort térmico, la habitabilidad y el rendimiento energético de los edificios escolares.

El diseño pasivo constituye la base del confort térmico. La arquitectura debe incorporar estrategias como la protección solar, la ventilación natural y la inercia térmica desde las primeras etapas de concepción del proyecto, con el propósito de controlar la ganancia de calor, favorecer la renovación del aire y mantener condiciones térmicas estables, reduciendo la dependencia de sistemas mecánicos de climatización.

Las estrategias bioclimáticas funcionan de manera complementaria y no como soluciones aisladas. La protección solar mediante aleros, celosías u otros elementos permite controlar la radiación solar y reducir la ganancia térmica, mientras que la ventilación natural contribuye a la renovación del aire y a la evacuación del calor acumulado. Por ello, la integración de estas estrategias permite mejorar de manera conjunta el comportamiento térmico de los espacios educativos.

Asimismo, la selección de materiales con adecuada inercia térmica, como el ladrillo o el concreto, contribuye a amortiguar las variaciones de temperatura y mantener condiciones interiores más estables. Estas decisiones deben responder a las características climáticas del lugar y articularse con las demás estrategias pasivas para favorecer el equilibrio térmico y las condiciones de habitabilidad de las aulas.

Los resultados también evidencian la necesidad de superar la estandarización de los espacios educativos. Tanto en la costa como en la sierra o la selva, elementos como cubiertas ventiladas, corredores de transición, ventanas altas y sistemas de protección solar pueden contribuir al mejoramiento ambiental de los espacios; sin embargo, su configuración debe responder a las condiciones específicas de cada región. En este sentido, la arquitectura educativa requiere soluciones contextualizadas que consideren la orientación, el clima, la materialidad y las características ambientales del lugar.

La sistematización de los 12 criterios de diseño analizados constituye una herramienta de apoyo para arquitectos y proyectistas, ya que permite orientar las decisiones de diseño desde las primeras etapas del proyecto e integrar de manera coherente aspectos relacionados con el confort térmico, la iluminación natural y la ventilación. De esta manera, el desempeño ambiental del edificio deja de depender de decisiones aisladas y se convierte en parte de una estrategia arquitectónica planificada.

En síntesis, la integración de criterios bioclimáticos no debe entenderse únicamente como una estrategia para reducir el impacto ambiental o mejorar la eficiencia del edificio, sino como una oportunidad para transformar el espacio escolar en un componente activo de la experiencia educativa. Al trabajar de manera integrada con el sol, el viento, la sombra, la materialidad y las condiciones propias del contexto, la arquitectura puede generar ambientes con mejores condiciones de confort y habitabilidad que favorezcan el desarrollo de las actividades académicas, la permanencia y las condiciones necesarias para la concentración y el aprendizaje. Por ello, la arquitectura bioclimática trasciende su función como estrategia de ahorro energético y se consolida como un criterio de diseño capaz de vincular el desempeño ambiental del edificio con la calidad del espacio educativo, convirtiendo al colegio no solo en una infraestructura eficiente, sino en un entorno que contribuye al bienestar, al desarrollo y a la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

Agradecimiento/Reconocimiento

Los autores expresan su sincero agradecimiento a la

Universidad Privada del Norte por el financiamiento y el respaldo logístico brindados a través de sus programas de apoyo a la investigación, los cuales fueron fundamentales para hacer posible el desarrollo y la culminación exitosa de esta investigación.

REFERENCIAS

[1] Bustamante-Mora, M. Diéguez-Rebolledo, M. Zegarra, F. Escobar, and G. Epuyao, "Environmental conditions and their impact on student concentration and learning in university environments: A case study of education for sustainability," *Sustainability*, vol. 17, no. 3, p. 1071, 2025, doi: 10.3390/su17031071.

[2] Banco Interamericano de Desarrollo, *Los aprendizajes de los estudiantes de América Latina y el Caribe: Informe de resultados del Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE)*, 2011. [En línea]. Disponible en: https://publications.iadb.org/es/los-aprendizajes-de-los-estudiantes-de-america-latina-y-el-caribe-informe-de-resultados-del-segundo

[3] World Economic Forum, *The Global Competitiveness Report 2017–2018*, K. Schwab, Ed., 2018. Disponible en: https://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf

[4] J. Jacovkis and A. Tarabini, "COVID-19 y escuela a distancia: viejas y nuevas desigualdades," *Revista de Sociología de la Educación-RASE*, vol. 14, no. 1, p. 85, 2021, doi: 10.7203/rase.14.1.18525.

[5] P. Barrett, F. Davies, Y. Zhang, and L. Barrett, "The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis," *Building and Environment*, vol. 89, pp. 118–133, 2015, doi: 10.1016/j.buildenv.2015.02.013.

[6] M. Al-Enezi, "The impact of climate-responsive design on school sustainability and student well-being," *Journal of Educational Architecture and Design*, vol. 12, no. 2, pp. 45–62, 2020, doi: 10.1080/2020.1834521.

[7] Ministerio de Educación del Perú, *Guía de diseño bioclimático*, 2020. [En línea]. Disponible en: https://limacap.org/normatividad-2019/normas-para-edificaciones-educativas-2020/guia-de-disenio-bioclimatico.pdf

[8] M. Alonso Monterde, V. Benítez Jiménez, I. Guillén Guillamón, J. L. Higón Calvet, P. A. López Jiménez, and F. Pla Alabau, *Guía de estrategias de diseño pasivo para la edificación*. Instituto Valenciano de la Edificación, 2014. [En línea]. Disponible en: https://descargas.five.es/archivos/BibliotecaIVE/GS_EDP.pdf

[9] V. Olgyay, *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press, 1963.

[10] R. L. Knowles, *Energy and Form: An Ecological Approach to Urban Growth*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1974. Disponible en: AbeBooks.

[11] G. E. Gonzalo, *Manual de arquitectura bioclimática y sustentable*, 5.ª ed. Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente (CEEMA), 2015. [En línea]. Disponible en: https://arquitecturayconstrucciondigital.com/wp-content/uploads/2026/01/_MANUAL%20DE%20ARQUITECTURA%20BIOCLIM%C3%81TICA%20Y%20SUSTENTABLE%20Arq.%20Guillermo%20Gonzalo.pdf

[12] A. Esteves Miramont, *Arquitectura Bioclimática y Sustentable: Teoría y Práctica de la Conservación de Energía, Sistemas Solares Pasivos y Enfriamiento Natural de Edificios*. Mendoza, Argentina: Alfredo Esteves, 2017. [En línea]. Disponible en: ResearchGate.

[13] O. L. Montoya Flórez and G. A. San Juan, "Recomendaciones de diseño para definir la situación de confort térmico en aulas escolares en clima cálido," *AREA: Agenda de Reflexión en Arquitectura, Diseño y Urbanismo*, vol. 28, no. 2, pp. 1–20, 2022. Disponible en: https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/area/article/view/2019

[14] ArchDaily, "Groupe Scolaire Pasteur / R2K Architectes," *ArchDaily en Español*, Oct. 13, 2019. Disponible en: https://www.archdaily.cl/cl/02-244399/groupe-scolaire-pasteur-r2k-architectes

[15] ArchDaily, "Jardín infantil African Flow / Urbanitree," *ArchDaily*, Jul. 10, 2025. Disponible en: https://www.archdaily.com/1031917/african-flow-kindergarten-urbanitree

[16] ArchDaily, "Escuela Infantil y Centro Elsa Triolet / Richter Architects," *ArchDaily en Español*, Jan. 23, 2025. Disponible en: https://www.archdaily.cl/cl/1026057/escuela-infantil-y-centro-elsa-triolet-richter-architects

[17] ArchDaily, "Escuela comunitaria primaria para niñas / Orkidstudio," *ArchDaily México*, May 30, 2021. Disponible en: https://www.archdaily.mx/mx/791540/escuela-comunitaria-primaria-para-ninas-orkidstudio

[18] van Heyningen and Haward Architects (vHH), "6th Form & ADT, St Benedict's School," *vHH Architects*, 2017. Disponible en: https://vhh.co.uk/project/st-benedicts-school/

[19] ArchDaily, "Universidad de Ingeniería y Tecnología - UTEC / Grafton Architects + Shell Arquitectos," *ArchDaily en Español*, Jan. 13, 2016. Disponible en: https://www.archdaily.cl/cl/778711/universidad-de-ingenieria-y-tecnologia-utec-nueva-sede-grafton-architects-plus-shell-arquitectos

[20] ArchDaily, "Universidad de Lima Recreation, Wellness, and Student Life Center / Sasaki," *ArchDaily en Español*, Apr. 30, 2023. Disponible en: https://www.archdaily.cl/cl/999771/universidad-de-lima-recreation-wellness-and-student-life-center-sasaki

[21] Ranking Colegios Lima, "Franklin D. Roosevelt," *Ranking Colegios Lima*, s. f. Disponible en: https://rankingcolegioslima.com/producto/franklin-d-roosvelt/

[22] ArchDaily, "Edificio Escuela Manuel Anabalón Sáez / Gubbins Arquitectos," *ArchDaily en Español*, Aug. 11, 2014. Disponible en: https://www.archdaily.cl/cl/625345/edificio-escuela-manuel-anabalon-saez-gubbins-arquitectos

[23] ArchDaily, "Institución educativa rural Siete Vueltas / Plan arquitectos," *ArchDaily en Español*, Mar. 4, 2019. Disponible en: https://www.archdaily.cl/cl/912485/institucion-educativa-rural-siete-vueltas-plan-b-arquitectos

[24] ArchDaily, "Escuela Waldorf Casa de las Estrellas / Salagnac Arquitectos," *ArchDaily en Español*, jun. 12, 2020. Disponible en: https://www.archdaily.cl/cl/941557/escuela-waldorf-casa-de-las-estrellas-salagnac-arquitectos

[25] ArchDaily, "Escuela de tiempo completo N300 Colonia Nicolich / PAEPU_ANEP," *ArchDaily en Español*, oct. 2, 2019. Disponible en: https://www.archdaily.cl/cl/925794/escuela-de-tiempo-completo-n300-colonia-nicolich-paepu-anep

[26] Localworks, "COF Outreach Village Primary Schools," *ArchDaily*, Jun. 4, 2017. Disponible en: https://www.archdaily.com/872623/cof-outreach-village-primary-schools-studio-fh-architects

[27] ArchDaily, "CEPT University Foundation Hall, Lecture Hall and Kund / CCBA Designs," *ArchDaily*, Dec. 22, 2023. Disponible en: https://www.archdaily.com/1011363/cept-university-foundation-hall-lecture-hall-and-kund-ccba-designs

[28] M. Negoro, "Escuela Shiv Nadar / Vastushilpa Sangath," *ArchDaily en Español*, Mar. 6, 2026. Disponible en: https://www.archdaily.cl/cl/1039234/escuela-shiv-nadar-vastushilpa-sangath

[29] ArchDaily, "Colegio ASA STEAM / Equipo de Arquitectura," *ArchDaily México*, Sep. 22, 2020. Disponible en: https://www.archdaily.mx/mx/948139/colegio-asa-steam-equipo-de-arquitectura

[30] ArchDaily, "Escuela Primaria en Gando / Kéré Architecture," *ArchDaily en Español*, Jul. 11, 2016. Disponible en: https://www.archdaily.cl/cl/790384/primary-school-in-gando-kere-architecture

[31] ArchDaily, "Nueva Escuela en la Comunidad Nativa de Jerusalén de Miñano / Semillas," *ArchDaily México*, May 9, 2018. Disponible en: https://www.archdaily.mx/mx/893783/nueva-escuela-en-la-comunidad-nativa-de-jerusalen-de-minaro-semillasF

[32] Norte Sur Arquitectos, "Escuela pública de Sector Ángeles," *Arquine*, 2018. Disponible en: https://arquine.com/obra/escuela-publica-de-sector-angeles/