



NOTA TÉCNICA N° IDB-TN-02831

## Escuelas verdes

Lineamientos para el diseño de  
infraestructura escolar sostenible,  
baja en carbono y resiliente

Eric Fischel  
Alexandra Alvear  
Livia Minoja  
Liora Schwartz  
Soledad Bos

Banco Interamericano de Desarrollo  
Sector de Infraestructura y Energía  
División de Educación

Diciembre 2023



## Escuelas verdes

Lineamientos para el diseño de infraestructura escolar sostenible, baja en carbono y resiliente

Eric Fischel  
Alexandra Alvear  
Livia Minoja  
Liora Schwartz  
Soledad Bos

Banco Interamericano de Desarrollo  
Sector de Infraestructura y Energía  
División de Educación

Diciembre 2023

Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo

Escuelas verdes: lineamientos para el diseño de infraestructura escolar sostenible, baja en carbono y resiliente / Eric Fischel, Alexandra Alvear, Livia Minoja, Liora Schwartz, Soledad Bos.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2831)

1. Infrastructure (Economics)-Environmental aspects-Latin America. 2. Infrastructure (Economics)-Environmental aspects-Caribbean Area. 3. School buildings-Environmental aspects-Latin America. 4. School buildings-Environmental aspects-Caribbean Area. 5. Sustainable buildings-Design and construction. I. Fishel, Eric. II. Alvear, Alexandra. III. Minoja, Livia. IV. Schwartz, Liora. V. Bos, María Soledad. VI. Banco Interamericano de Desarrollo. Sector de Infraestructura y Energía. VII. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Educación. VIII. Serie.

IDB-TN-2831

Códigos JEL: I29, Q49, Q54.

Palabras Clave: Infraestructura Social, Infraestructura Escolar, Infraestructura Sostenible, Resiliencia Climática, Eficiencia Energética, Cambio Climático.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2023 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO

(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





# ESCUELAS VERDES

Lineamientos para el diseño de infraestructura escolar sostenible, baja en carbono y resiliente.

Eric Fischel, Alexandra Alvear, Livia Minoja, Liora Schwartz, Soledad Bos



# Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. El rol de la infraestructura escolar en la agenda climática</b>	<b>6</b>
<b>3. Planeación, diseño y construcción de infraestructura escolar verde y resiliente</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Planeación</b>	<b>9</b>
Demanda	9
Accesibilidad	10
Amenazas y riesgos	11
<b>3.2 Diseño</b>	<b>12</b>
Estrategias de diseño verde por zona climática	19
Fichas de diseño por zona climática de ALC	20
Estrategias de diseño resiliente por tipo de amenaza	44
<b>3.3 Construcción</b>	<b>49</b>
Buenas prácticas en la gestión del sitio obra	49
<b>3.4 Operación y mantenimiento</b>	<b>52</b>
Manual de operación	52
Participación comunitaria	52
Gestión de residuos	53
<b>4. Conclusiones</b>	<b>54</b>
<b>Apéndice I: Metodología y definición de la muestra</b>	<b>56</b>
<b>Apéndice II: Detalles técnicos de las estrategias de diseño</b>	<b>60</b>
<b>Bibliografía y/o referencias</b>	<b>77</b>



# 1. Introducción

El sector de la construcción al 2021 fue responsable del 37% <sup>[1]</sup> de las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), valor que supera el máximo histórico de emisiones mundiales registrado en 2019, en vinculación con la recuperación económica post pandemia COVID-19. En su último informe el IPCC<sup>1</sup> resalta cómo las emisiones totales de efecto invernadero están agravando inequívocamente el calentamiento global y afectando a fenómenos meteorológicos y climáticos extremos en todas las regiones del mundo <sup>[2]</sup>, con mayores impactos observados en muchos lugares de África, Asia, América Latina y el Caribe (ALC).

El cambio climático es un fenómeno de múltiples escalas por tanto la evaluación de sus impactos y de los riesgos climáticos exige un enfoque regional y cambios

1 **Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático** (IPCC por sus siglas en inglés) creado en 1988 para facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.

reales a escalas locales. ALC es altamente expuesta, vulnerable, y fuertemente afectada por el cambio climático, situación exasperada por la desigualdad, la pobreza, el crecimiento de la población y la alta densidad de población, el cambio de uso de la tierra. Se estima que en la región la aceleración del cambio climático está desencadenando el aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos que pueden provocar o agravar otros fenómenos de gran impacto, como inundaciones, deslizamientos de tierra, incendios forestales y aludes <sup>[3]</sup>.

En este contexto, ante una relación causa efecto, el sector de la construcción y las edificaciones se ven afectados de forma directa por los impactos del cambio climático, al mismo tiempo de ser uno de los principales responsables de las emisiones que causan el cambio climático. A medida que se prevén cambios del clima o de los patrones de desastres naturales, tanto los estándares de diseño como la

selección de materiales de construcción tendrán que cambiar para resistir nuevas condiciones climáticas y fortalecer su capacidad de adaptación, mientras se alinean a los esfuerzos para descarbonizar.

La infraestructura escolar es un factor relevante para el aprendizaje de los estudiantes, al tener un impacto positivo en la asistencia de docentes y estudiantes a la escuela, y en que se mantengan saludables en ella. La evidencia sugiere que la calidad de la infraestructura escolar<sup>2</sup> puede generar aumentos en las tasas de asistencia estudiantil de hasta 60% <sup>[4]</sup> además de contribuir a mayores índices de graduación y mayor participación en actividades extracurriculares, con efectos más significativos en estudiantes vulnerables<sup>[5]</sup>. Asimismo, la infraestructura escolar con buenas condiciones en términos de confort, flexibilidad, personalización y

2 En términos de resiliencia frente a desastres naturales, provisión y acceso a servicios básicos, condiciones de confort y mantenimiento adecuado, entre otros.

cuyo diseño favorece la utilización de prácticas pedagógicas efectivas tiene un efecto positivo en los resultados académicos de los estudiantes, con estudios asignando hasta un 16% de la variación en el aprendizaje de los estudiantes a diferencias en la infraestructura escolar [6]. Así, al mejorar la calidad de la educación, las inversiones en infraestructura educativa contribuyen a mejorar la productividad, capital humano y el desarrollo [7]. No obstante, a pesar de la escasa información disponible, estudios sugieren que las brechas de acceso a condiciones mínimas de infraestructura escolar de la región son considerables. Por ejemplo, más del 40% de los estudiantes de 3er grado de la región asisten a escuelas con escaso acceso a agua y saneamiento y un tercio asisten a escuelas sin conexión a electricidad y teléfono y con aulas que no cuentan con el equipamiento adecuado para el aprendizaje (como una mesa y una silla para cada estudiante), necesidades que presentan brechas de más de 30 puntos porcentuales entre los estudiantes del cuantil más pobre y los estudiantes del cuantil más rico [8]. A pesar de las brechas, ALC ha mejorado significativamente el acceso a la educación a todos los niveles educativos [9], pero aún requiere financiar estrategias que permitan mejorar la calidad de la educación [10], en base a acciones a largo plazo y con políticas

## BENEFICIOS DE ESCUELAS VERDES Y RESILIENTES

### Beneficios Sociales



Asegura la continuidad del servicio educativo frente a eventos climáticos



Mejora el confort en el aula



Mejora el desarrollo de las habilidades necesarias para el desarrollo sostenible

### Beneficios Ambientales



Preserva recursos naturales



Mitiga o elimina GEI



Aumenta la resiliencia al cambio climático (CC)

### Beneficios Económicos



Reduce costos operativos y de mantenimiento



Afirma metas nacionales e incentivos financieros



Genera empleo verde

sectoriales que fortalezcan los procesos constructivos de la infraestructura escolar e impulsen la mejora de la durabilidad y la resistencia [11].

La mitigación efectiva de los gases de efecto invernadero (GEI) y la resiliencia frente al cambio climático puede avanzar en cada una de las etapas de diseño, construcción, ampliación, uso y eliminación de infraestructura escolar verde y resiliente. Las intervenciones

incluyen acciones desde etapas tempranas de planificación como por ejemplo el uso de tecnologías y modelos de información, diseños bioclimáticos, selección de materiales bajos en carbono, procesos de construcción sostenible, o la integración de soluciones de energía renovable. Además, es posible proyectar actividades para la fase de operación como por ejemplo el uso y mantenimiento de equipos de alta eficiencia energética,

uso y mantenimiento de aparatos sanitarios que optimizan el consumo de agua, la gestión y optimización del uso de energía o el reciclaje y reutilización de residuos sólidos.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) apoya a los países de ALC a promover la enseñanza efectiva y el aprendizaje de todos los niños y jóvenes de la región. En este sentido, gracias a un esfuerzo colaborativo entre el

Grupo de Infraestructura Social (GIS) y la División de Educación (EDU), la presente guía presenta la actuación simultánea de estrategias de mitigación dirigidas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), impulsando la concepción de proyectos de infraestructura escolar baja o neutra en carbono; y estrategias de adaptación dirigidas a fortalecer la resiliencia de la infraestructura frente a los impactos de cambio climático, para fomentar el diseño de escuelas verdes y resilientes y reducir brechas de infraestructura escolar.

El documento se organiza en 4 capítulos principales. Después de la introducción, el segundo capítulo presenta las bases introductorias sobre el rol de la infraestructura escolar en la agenda climática de ALC. El tercer capítulo, foco principal del documento, abarca los lineamientos para las diferentes fases de un proyecto de infraestructura educativa. Este comienza en la etapa de planeación detallando la importancia de la selección del sitio, la estimación de la demanda y los criterios de accesibilidad. El capítulo continúa con las estrategias de diseño para las diferentes zonas climática presentes en ALC y presenta los resultados de simulaciones realizadas para evidenciar el potencial impacto de implementar estas medidas. Las últimas dos secciones de este capítulo se enfocan en entregar recomendaciones

para la fase de construcción y el funcionamiento y mantenimiento de la infraestructura escolar. El cuarto capítulo presenta una recapitulación de los principales aprendizajes recogidos a través del análisis de la planeación, diseño, construcción y funcionamiento y mantenimiento de infraestructura escolar verde y resiliente. Además, se incluye un apartado de apéndices que incorporan la metodología de cálculo adoptada, así como el análisis técnico a detalle.

Estos lineamientos fueron preparados con los insumos del equipo consultor integrado por Eric Fischel, Gaston Michaud y Mariana Herrera.

Estos lineamientos fueron revisados por Gregory Elacqua y Emma Näslund de la División de Educación, Wilhelm Dalaison, Juan del Barrio, Eduardo Pelaez y Nicolas Romano del Grupo de Infraestructura Social, a quienes se agradece por sus valiosos aportes.



## 2. El rol de la infraestructura escolar en la agenda climática

La infraestructura escolar debe cumplir tres roles para aportar a la agenda climática <sup>[12]</sup>. En primer lugar, debe ser resiliente frente a los impactos del cambio climático de manera de asegurar la continuidad del servicio educativo y las condiciones de confort adecuadas para el aprendizaje frente a eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes. Los desastres asociados al cambio climático se han más que triplicado en los últimos 50 años <sup>[13]</sup> poniendo en riesgo el acceso a la educación. Un ejemplo de lo anterior es la destrucción de casi 1000 escuelas en Honduras y Guatemala por los huracanes y tormentas tropicales Eta y Iota en 2021 <sup>[14]</sup>.

Por su parte, las mayores temperaturas empeoran las condiciones de confort en el aula, afectando la capacidad de aprender de los niños, realidad especialmente preocupante considerando que se estima que las temperaturas medias y extremas irán en aumento <sup>[15]</sup>. En 2014 había estudios que mostraban que el 70% de las aulas de una muestra de seis países de la región no contaban con los niveles de confort térmico adecuados para fomentar el aprendizaje <sup>[16]</sup>.

En segundo lugar, la infraestructura escolar, para ser considerada como verde, debe reducir su impacto ambiental incluyendo medidas de descarbonización

en todas sus fases de desarrollo que permitan reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, preservar los recursos naturales, reducir los costos operativos y aportar a las metas climáticas nacionales <sup>[17]</sup>. Finalmente, la incorporación de medidas de resiliencia y sostenibilidad en la infraestructura escolar facilita el desarrollo de las habilidades necesarias para actuar en pro del medioambiente, al permitir la vinculación entre el plan de estudios con el espacio físico de aprendizaje, fomentando experiencias pedagógicas prácticas, incluso más allá del aula, ampliando los tiempos y espacios de aprendizaje <sup>[18]</sup>.



# 3. Planeación, diseño y construcción de infraestructura escolar verde y resiliente

La infraestructura escolar verde y resiliente puede ser concebida mediante procesos integrales, en los cuales las repercusiones de cambio climático son analizadas a lo largo de todo el ciclo de vida de las edificaciones educativas desde etapas tempranas de planeación y diseño, durante el proceso de construcción, hasta las etapas de funcionamiento y mantenimiento, sean edificaciones nuevas o existentes.

Estos procesos integrales buscan entender y aprovechar las oportunidades del entorno inmediato para ubicar el proyecto, de manera que se maximicen los recursos o servicios existentes como, por ejemplo, acceso a servicios básicos, accesibilidad, movilidad urbana, conexión a la comunidad o equipamiento urbano. Para ello, se pueden utilizar herramientas de análisis o modelos de información digital que permiten predecir potenciales ahorros ambientales

## Edificios verdes para el Grupo BID

La infraestructura o edificaciones verdes y resilientes se caracterizan por mitigar o eliminar los impactos negativos generados al ambiente durante su ciclo de vida, y por fortalecer su capacidad adaptativa frente a los impactos de desastres naturales y el cambio climático. Para el Grupo BID, un edificio verde cumple con los requerimientos de un sistema de certificación verde internacional o nacional reconocida.

Fuente: [Edificios verdes: lineamientos para la incorporación y contabilización de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático](#)

o financieros o proyectar mejoras de procesos operativos, e incorporar durante el proceso de construcción estándares de control de gestión de obra; y durante el funcionamiento de los establecimientos el desarrollo de procesos de mejora continua.

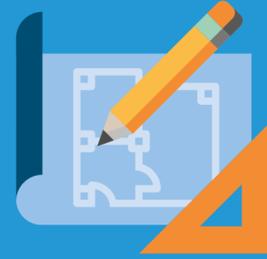
A continuación, se describen las fases y consideraciones generales para el desarrollo de infraestructura escolar verde y resiliente.





## Planeación

Durante esta etapa se definen los objetivos y el alcance del proyecto, así como la meta financiera y operativa, involucrando tanto infraestructura nueva como rehabilitaciones o ampliaciones. En esta etapa es clave la determinación de estrategias sostenibles, bajas en carbono y resilientes, así como los estándares o certificaciones de edificios verdes que se pretendan implementar. Asimismo, en esta etapa se puede determinar el uso de metodologías de gestión de proyectos y modelos de información, como BIM<sup>3</sup>, para determinar de manera esquemática los impactos positivos de la incorporación criterios ambientales y verdes en etapas iniciales del ciclo de vida del proyecto <sup>[19]</sup>.



## Diseño

En esta etapa, la fase creativa, los profesionales involucrados (diseñadores, arquitectos, ingenieros, interioristas, etc.) se nutren del concepto y de los objetivos de planeación para generar un paquete de documentos constructivos, planos de detalle, especificaciones técnicas y presupuestos que cumplan las expectativas planteadas con especial interés en estrategias de sostenibilidad y resiliencia o requerimientos de certificación de edificio verde<sup>4</sup>.



## Construcción

Esta etapa se basa en los documentos constructivos completos y definitivos, elaborados en fase de diseño. Durante esta etapa es importante dar seguimiento a los planes de gestión de obra y confirmar que los objetivos del proyecto se estén cumpliendo, en términos de costos, tiempo, especificaciones técnicas con énfasis en las estrategias de sostenibilidad y resiliencia o requerimientos de certificación de edificio verde.



## Operación

Durante esta etapa es posible incidir en los hábitos de consumo a través de manuales de operación de la infraestructura, y campañas de uso y educación ambiental para garantizar el correcto uso de las instalaciones, y los ahorros ambientales o financieros esperados. Un adecuado sistema de gestión permitirá llevar las métricas de consumo de energía, agua y residuos para lograr un proceso de mejora continua.



## Mantenimiento

El adecuado mantenimiento de las instalaciones y los diferentes sistemas, a través de rutinas preventivas y correctivas, contribuirán a efectivizar el rendimiento esperado. Este proceso, junto con las inspecciones periódicas, permitirán identificar a tiempo posibles afecciones.

<sup>3</sup> Modelado de Información de Construcción o BIM (por su silga en inglés de Building Information Modeling) emplea modelos de edificios digitales a lo largo de todo el ciclo de vida de una instalación construida, desde el diseño conceptual inicial y las fases de diseño detallado, la construcción fase, y hasta las fases de operación y mantenimiento. Su implementación permite reducir errores en las distintas etapas del proyecto, aumentando la eficiencia en el uso y aprovechamiento de recursos energéticos e hídricos, por ejemplo.

<sup>4</sup> A nivel internacional o nacional en ALC existen estándares, certificaciones y sistemas de calificación que permiten evaluar el nivel de desempeño del diseño de los edificios verdes. Entre ellas se encuentran: **EDGE, LEED, Procel Edifica, Sello CES.**

## 3.1 Planeación

El desarrollo de un edificio verde comienza con la planeación, momento en el que además de definir los objetivos y el alcance del proyecto, se deben determinar las estrategias sostenibles, bajas en carbono y resilientes que serán implementadas.

Una de las principales consideraciones iniciales en la planeación de un edificio verde es la selección del sitio para el emplazamiento de infraestructura escolar. Las características tanto físicas como de conectividad social, urbana y de servicios, incidirán durante todo el ciclo de vida del proyecto [20], pero sobre todo las condiciones ambientales locales y los niveles de vulnerabilidad y exposición frente a posibles amenazas

naturales y de cambio climático definirán sus características arquitectónicas, constructivas y operativas. Por consiguiente, se requiere analizar al menos tres características principales: la demanda y/o necesidad, la accesibilidad, y las amenazas y riesgos.

### Demanda

La demanda es el principal factor por considerar y deberá incluir un análisis sectorial y socioeconómico, que permita definir áreas que carecen de cobertura escolar o que tienen cobertura insuficiente, y estimar las proyecciones futuras de demanda.

Para estimar la demanda potencial de infraestructura escolar se debe comenzar con la recopilación de datos e información

relacionada a la población de referencia (población en edad escolar en el área geográfica de referencia, de preferencia organizada por nivel educativo), para luego analizar las tendencias demográficas relacionadas al crecimiento o disminución de la población en base a diferentes factores que puedan afectarla, tales como la natalidad, la migración, el desarrollo económico, el desarrollo de viviendas y otros servicios públicos en el área, efectos futuros de nuevas políticas educativas y planes de desarrollo locales, y cualquier otro factor que pueda influir en la demanda educativa futura. A partir de esta información se deben estimar proyecciones sobre la demanda futura de educación en el área, las cuales pueden realizarse para diferentes horizontes temporales. Debido a que

estas estimaciones dependen de una serie de supuestos y de la comprensión del contexto local, es clave siempre contar con la flexibilidad necesaria para poder adaptarse a fluctuaciones e imprevistos.

Adicionalmente, es necesario considerar la oferta actual de infraestructura y su capacidad en el área analizada, de manera de identificar escuelas sobre o subutilizadas y cómo estas aportarán a satisfacer la demanda futura. Dependiendo de la calidad de los datos, este proceso puede ser apoyado por sistemas de información geográfica que faciliten la visualización de datos demográficos y la identificación de áreas geográficas específicas con demanda potencial de infraestructura escolar.

Además, la demanda debe analizarse con un enfoque que permita el ordenamiento territorial del servicio educativo. Esto permitirá situar de manera eficiente la inversión pública de un área urbana o rural tomando en consideración las características, necesidades y diversidad del territorio.



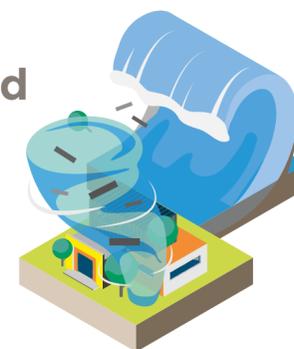
1

**Demanda y/o necesidad**



2

**Accesibilidad**



3

**Amenazas y riesgos**

## Accesibilidad

Los establecimientos escolares deben garantizar la accesibilidad de parte de los diferentes grupos de interés como estudiantes, profesores y comunidad. Para ello, es importante contar con un análisis de accesibilidad, incluyendo la cercanía con los usuarios, cobertura del transporte público, accesos vehiculares y peatonales, conectividad con servicios sociales, de recreación o comerciales. Por otro lado, un proyecto ubicado adecuadamente y conectado ayuda a la conservación del ambiente debido a la disminución de GEI al reducir las distancias de recorrido y al reducir las necesidades de extensión de las distintas redes de servicios. Adicionalmente, incide en el bienestar estudiantil promoviendo la actividad física, incentivando traslados a pie o en bicicleta.

En zonas urbanas, se recomiendan las siguientes estrategias para la evaluación del sitio de emplazamiento de un proyecto de infraestructura escolar:

1. La distancia recomendada para la accesibilidad a zonas escolares es de 600m a 800m caminables<sup>5</sup>. Se debe contemplar la cercanía a establecimientos de salud, zonas de recreación, centros laborales, zonas

<sup>5</sup> Recomendación basada en la Guía de Referencia LEED v4 en la que se incluyen Escuelas desde preescolar a escolar (K-12).

residenciales y comerciales, entre otros.

2. Se recomienda ubicar los edificios de infraestructura escolar en zonas urbanas densas con el fin de tener acceso servicios básicos sin la necesidad de utilizar un automóvil. Existen herramientas que permiten la toma de decisiones como por ejemplo **walkscore** o **pedestrianfirst**.
3. Se recomienda tomar en cuenta zonas que cuenten con acceso a ciclovías urbanas, así se logre incentivar el uso de la bicicleta como medio de transporte, además se recomienda proporcionar una cantidad necesaria de racks de bicicletas para aquellos usuarios que deseen moverse por este medio de transporte. Se estima que alrededor de un 5% de los usuarios permanentes de un proyecto pueden llegar a transportarse por ese medio, además, se recomienda que las estaciones de bicicleta cuenten con protección contra lluvia u otras condiciones climatológicas que puedan afectar.
4. Cercanía a medios de transporte alternativos, así como estaciones de autobús o metros que propicien la reducción de uso del vehículo particular a los usuarios del proyecto.

## Un ejemplo de herramienta para accesibilidad

La herramienta [Walkscore](#) es una herramienta que permite identificar que tan favorable es la ciudad en la que se ubica un proyecto de infraestructura frente a la accesibilidad a los distintos servicios tanto públicos, comerciales como de transporte. La herramienta otorga un puntaje de 0 a 100 según corresponda la transitabilidad de la ciudad, siendo 100 el paraíso del peatón, y 0 una ciudad dependiente de vehículos.

El puntaje obtenido se interpreta de la siguiente manera:

- 90-100 puntos propicia la actividad física mediante la cercanía a los usos diversos.
- 70-89 puntos se pueden realizar a pie las actividades, dejando el uso del vehículo de manera limitada.
- 50-69 puntos considera ciertas actividades y accesos transitables, limitando la movilidad y haciendo el uso del vehículo necesario para algunas actividades.
- 25-49 puntos en donde muy pocas actividades y zonas comerciales pueden accederse mediante la actividad física, haciendo necesario el uso del medio de transporte alternativo.
- 0-24 puntos en donde prácticamente limita la actividad física y hace necesario el uso del vehículo para moverse dentro de la ciudad.

## Amenazas y riesgos

Es importante seleccionar localizaciones seguras para los establecimientos escolares. Es por esto por lo que el análisis debe considerar una serie de escenarios a nivel de planificación territorial, incluyendo la gestión de riesgo de desastres y consideraciones de cambio climático.

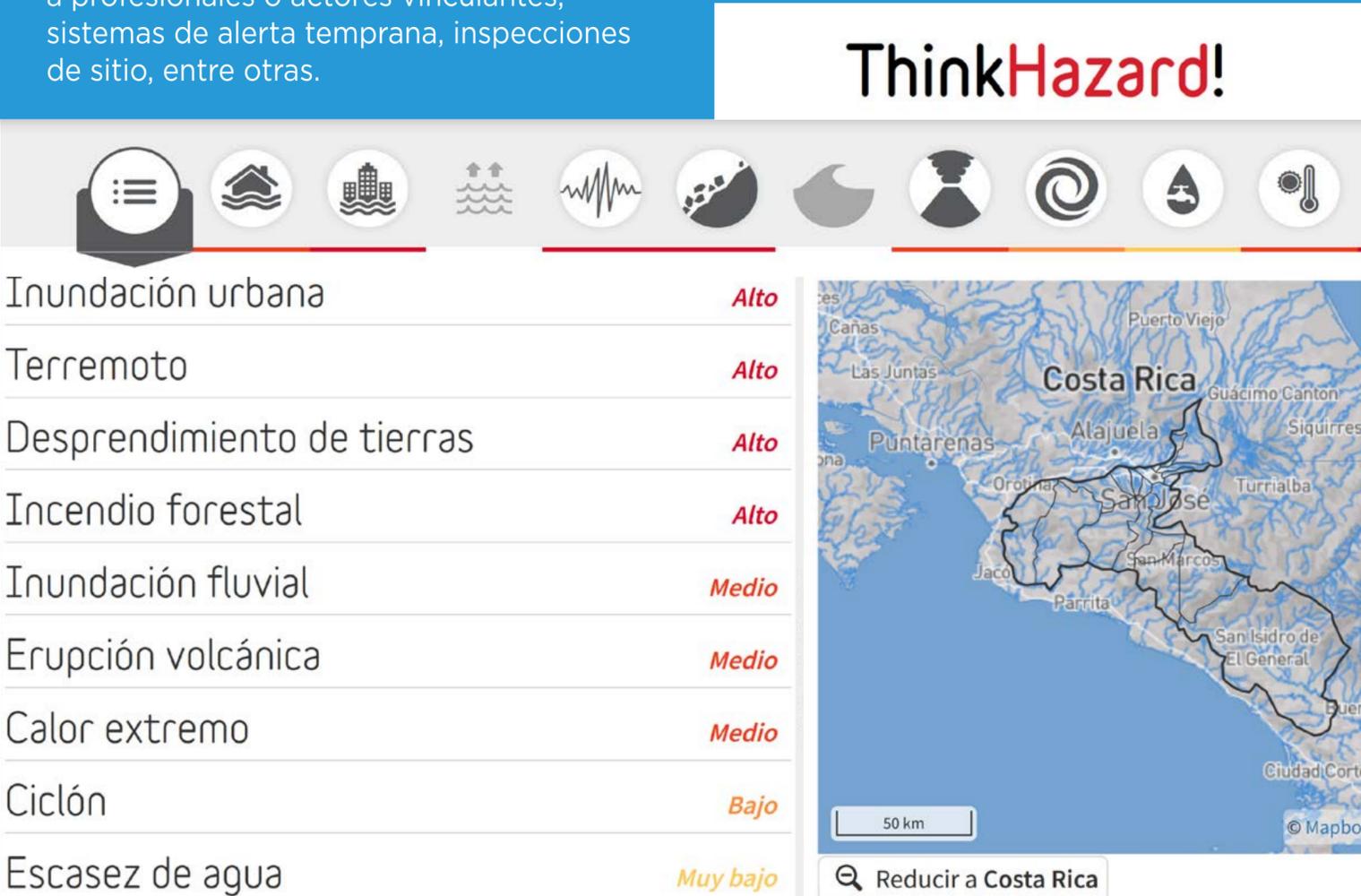
La identificación temprana de amenazas y riesgos, además de guiar la toma de decisiones para la selección del sitio permite proyectar y analizar posibles estrategias de adaptación específicas aplicables tanto a las edificaciones como a su entorno inmediato, para promover la resiliencia ante los desastres naturales y el cambio climático. En esta línea, existen varias herramientas digitales que permiten encontrar y aproximar de forma cualitativa las principales amenazas, como por ejemplo [Think Hazard](#), [Climate Change Knowledge Portal](#), [GeoNode](#), [Building Resilience](#), [VIGEA](#), u [Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales](#)

## Un ejemplo de herramienta para identificar amenazas.

La plataforma [Think Hazard](#) proporciona una visión general de los peligros y amenazas para una ubicación determinada. La herramienta destaca la probabilidad de que diferentes amenazas naturales afecten las áreas del proyecto, brinda orientación sobre cómo reducir el impacto de estas amenazas y dónde encontrar más información.

La figura resalta un ejemplo aplicativo para la ciudad de San José, Costa Rica en donde se identifican 9 amenazas potenciales, de las cuales 4 se consideran de alto riesgo, entre ellas inundación urbana. Esto significa que se espera que en los próximos 10 años se produzcan al menos una vez inundaciones urbanas potencialmente dañinas y mortales. Las decisiones relativas a la planificación del proyecto, el diseño del proyecto y los métodos de construcción deben tener en cuenta el nivel de peligro de inundación urbana, mismo que podría aumentar en el futuro debido a los efectos del cambio climático <sup>[21]</sup>.

Si bien su acierto a escala de ciudad es efectivo, su incidencia directa en la zona de un proyecto debe ser analizada a detalle a través de mapas de riesgo locales, reportes históricos, consultas a profesionales o actores vinculantes, sistemas de alerta temprana, inspecciones de sitio, entre otras.



Hazard	Risk Level
Inundación urbana	Alto
Terremoto	Alto
Desprendimiento de tierras	Alto
Incendio forestal	Alto
Inundación fluvial	Medio
Erupción volcánica	Medio
Calor extremo	Medio
Ciclón	Bajo
Escasez de agua	Muy bajo

## 3.2 Diseño

El diseño verde y resiliente toma en cuenta las condiciones climáticas locales (radiación solar, viento, humedad, lluvias, etc.) y el entorno (vegetación, infraestructura existente colindante, materiales disponibles, entre otros) beneficiándose de los recursos disponibles en el entorno en el cual se inserta y protegiéndose de las inclemencias. Incorporar medidas de diseño bioclimático de un edificio puede disminuir su demanda del consumo energético de forma considerable. Adicionalmente, cuando se incorporan sistemas de energía renovable en sitio, se puede lograr que un edificio no consuma ningún tipo de energía no renovable, categorizándose como edificio de consumo energético cero o como carbono neutral, y, en caso de que la energía renovable producida en sitio exceda la consumida, se podría categorizar como un edificio positivo.

A continuación, se presentarán fichas con estrategias de diseño verde por cada zona climática identificada en ALC. Estas fichas serán muy útiles para identificar de manera rápida un set de medidas que se puedan aplicar a los proyectos de infraestructura escolar, acorde a la zona climática en la que se pretenda emplazar el proyecto. La inclusión integral de las estrategias de

diseño permitirá alcanzar niveles efectivos de sostenibilidad ambiental y reducir el impacto de las emisiones de GEI. Posteriormente, se presentarán opciones de medidas que contribuyen a aumentar la resiliencia frente a impactos de desastres naturales y de cambio climático. Estas están organizadas de acuerdo con los escenarios más frecuentes de vulnerabilidad que se encuentran en ALC.

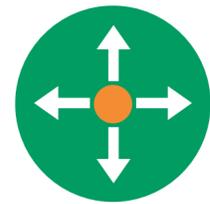
### Pasos para planificar Escuelas verdes y resilientes



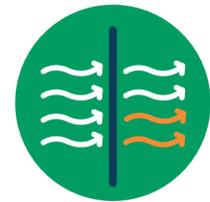
# Ejemplos de estrategias de diseño de escuela verde

Las estrategias sostenibles y bajas en carbono son aquellas dirigidas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, conocidas también como estrategias de mitigación al cambio climático. Entre ellas, resaltan las estrategias de eficiencia energética (pasivas y activas), la selección de materiales de baja energía incorporada e integración de sistemas de energía renovable.

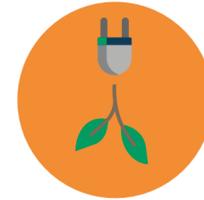
- Estrategias pasivas
- Estrategias activas
- Estrategia renovable
- Materiales sostenibles



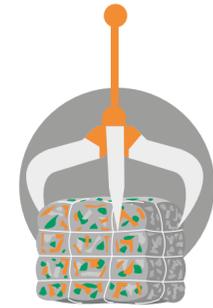
**Orientación**  
Permite aprovechar las condiciones ambientales extremas maximizando o minimizando las ganancias de calor e iluminación de acuerdo con las actividades que se realizan y sus horarios de funcionamiento



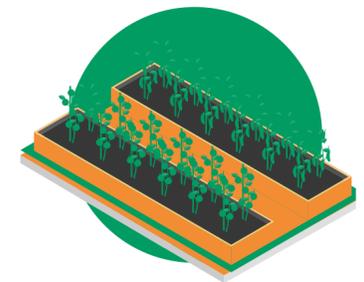
**Ventilación Cruzada o selectiva** permite la entrada y salida de aire externo favoreciendo su circulación y renovación



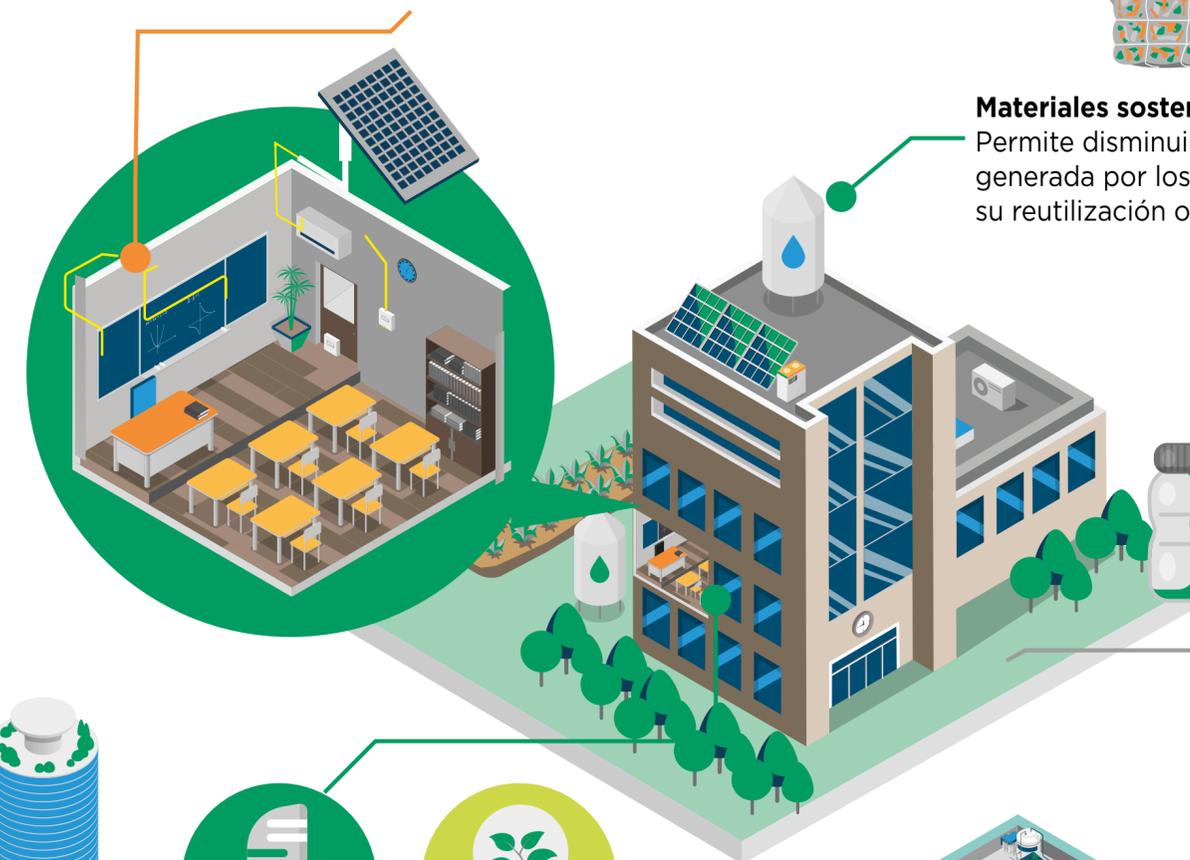
**Sistemas eficientes**  
Instalación de sistemas mecánicos, calefacción, ventilación y aire acondicionado altamente eficientes



**Materiales sostenibles**  
Permite disminuir la huella de carbono generada por los edificios y proyectar su reutilización o reciclaje



**Soluciones Basadas en la Naturaleza** Gestión y uso de agua lluvia, cubiertas verdes, exteriores arbolados, áreas verdes indudables, pavimento permeables, huertos urbanos, entre otros



**Equipamiento eficiente**  
Permite aumentar la eficiencia energética durante el uso de los edificios



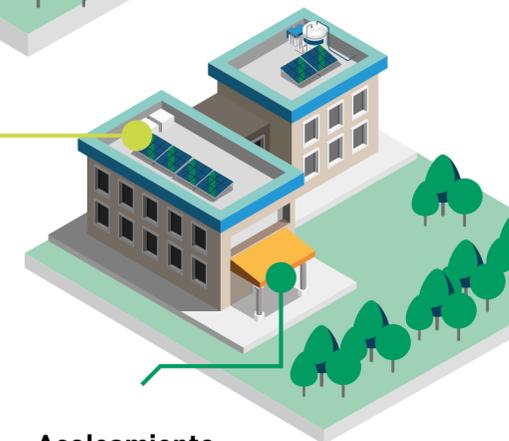
**Reflectancia, aislamiento e inercia térmica**  
Mejora el comportamiento térmico incidiendo en la reducción de la demanda energética



**Forma**  
La volumetría de un edificio incide en la dispersión de calor al interior de los espacios



**Energía Renovable**  
Generación de energía renovable que pueden ser incorporadas en los diseños arquitectónicos



**Asoleamiento y protección solar**  
Maximizar las ganancias solares o minimizar las mismas acorde a las condiciones climáticas externas es fundamental para reducir el uso de sistemas de acondicionamiento térmico



**Diseño verde o bioclimáticos:** El diseño verde (también comúnmente definido como arquitectura sostenible, bioclimática, sustentable, verde, ecoarquitectura) toma en cuenta las condiciones climáticas locales (radiación solar, viento, humedad, lluvias, etc.) y el entorno (vegetación, infraestructura existente colindante, materiales disponibles, entre otros) beneficiándose de los recursos disponible en el entorno en el cual se inserta y protegiéndose de las inclemencias.

**Medidas de mitigación al cambio climático:** toda acción que permite reducir y/o eliminar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) vinculados con el ciclo de vida de los edificios, desde la ubicación hasta el diseño, construcción, operación, mantenimiento, rehabilitación, desmantelamiento y/o re inserción comercial.

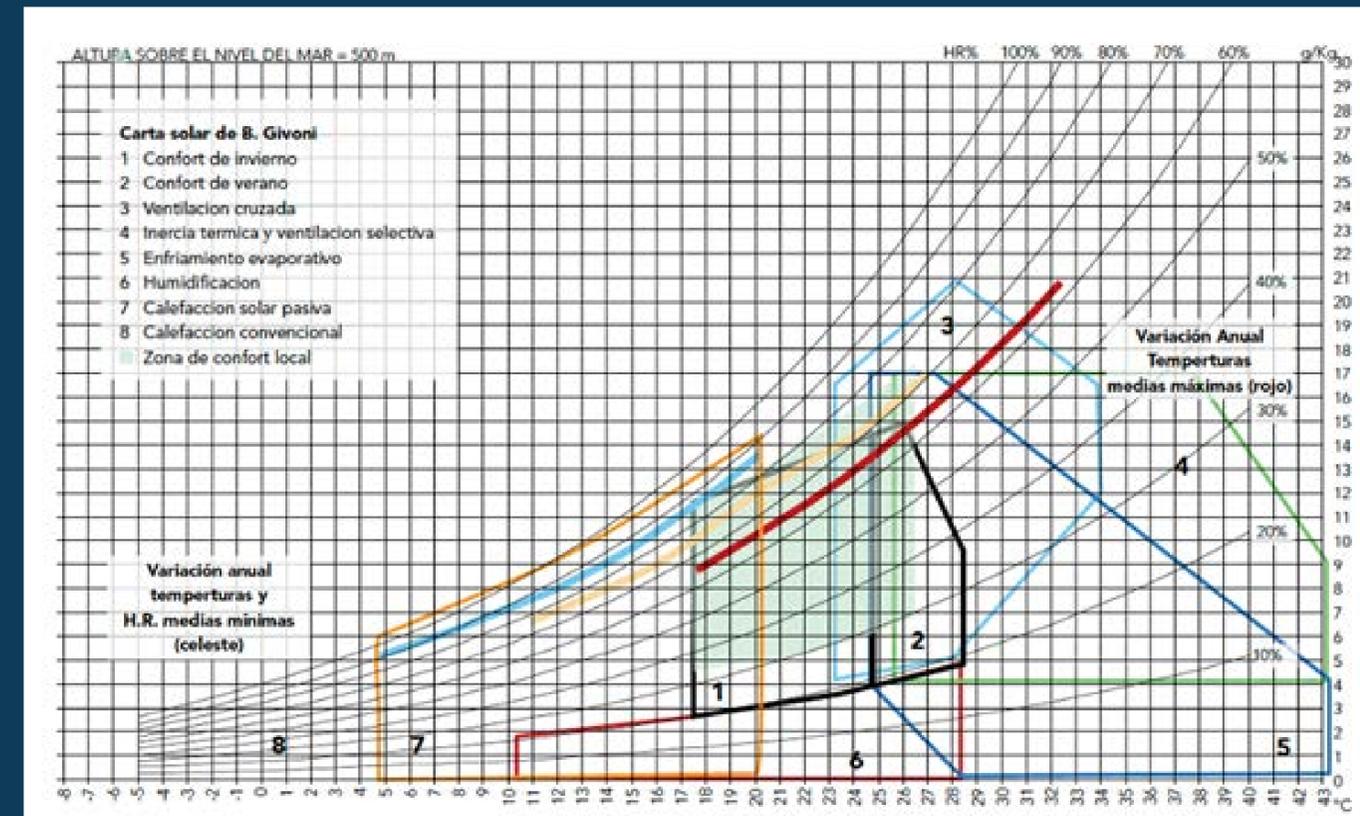
**Medidas de adaptación al cambio climático:** se centran en reducir la vulnerabilidad y riesgos generados por el CC y, para el caso específico de la infraestructura edilicia, van dirigidas a fortalecer la resiliencia de los edificios, lo que depende del contexto específico en el cual las edificaciones se insertan.

**Eficiencia Energética:** La eficiencia energética permite la optimización del desempeño energético de los edificios a lo largo de su ciclo de vida a través de la reducción de la demanda de energía en comparación con edificaciones convencionales; esto se traduce en un ahorro de recursos económicos entre otros beneficios asociados. Existen varias estrategias de eficiencia energética que pueden ser incorporadas de forma integral o de manera aislada en edificios, entre ellas se destacan las siguientes:

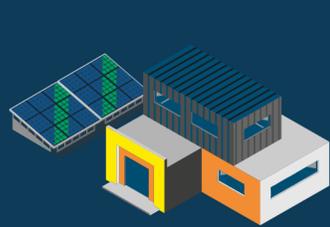
- **Estrategias pasivas:** Las estrategias pasivas buscan mejorar el desempeño energético a través de estrategia y/o medidas de diseño, que permiten aumentar el confort y reducir la demanda de energía durante el uso del edificio.
- **Estrategias activas:** Las estrategias activas buscan mejorar el desempeño energético del equipamiento eléctrico o electrónico (como, por ejemplo, sistemas mecánicos y eléctricos; calefacción, ventilación y aire acondicionado; iluminación; entre otros), a través de la incorporación sistemas eficientes.

**Nivel de confort adecuado:** La zona de confort depende de una serie de elementos que dependen del lugar, clima y actividades desarrolladas. Además, las condiciones de confort dependen del punto de vista subjetivo del individuo, en este caso del estudiante. Algunos parámetros comúnmente aceptados respecto a condiciones de confort son:

- Rango de confort general (temperatura y humedad), varía según la estación y el tipo de clima, de acuerdo con la siguiente figura <sup>[22]</sup>:
- Rango de sonido: menor a 65 decibeles, con niveles deseados de 35Db durante las clases <sup>[23]</sup>.
- Rango de iluminación: entre 300lux y 750 lux, con un valor recomendado de 500lux <sup>[24]</sup>.



Fuente: San Juan et al., 2014 en base a Givoni (1969).



## Edificio de consumo de energía casi nulo

Edificio energéticamente eficiente que suministra la mayor parte (pero no toda) de la energía anual que consume a través de fuentes de energía renovables in situ o cercanas.



## Edificio de energía neta cero

Edificio energéticamente eficiente que produce suficiente energía renovable in situ o en sus proximidades para satisfacer el consumo energético anual neto de las operaciones del edificio (suministra a la red al menos la misma cantidad de energía renovable a lo largo de un año). Nota: No toda la energía renovable se considera libre de carbono en su generación.



## Edificio (neto) de carbono cero (ZCB)

Edificio energéticamente eficiente que produce in situ, o adquiere, suficiente energía renovable libre de carbono para satisfacer el consumo energético anual de las operaciones del edificio. Nota: Carbono Cero se utiliza a menudo indistintamente con cero carbonos netos, independientemente de que el edificio utilice o no electricidad de la red derivada potencialmente de combustibles fósiles para compensar lagunas temporales en la generación in situ de energía renovable para satisfacer la demanda o utilice compensaciones de carbono. Si lo hace, suele denominarse edificio "neto" cero.



## Edificio (neto) de carbono cero, incluido el carbono incorporado

Edificio energéticamente eficiente que produce in situ, o adquiere, suficiente energía renovable libre de carbono para satisfacer el consumo energético de las operaciones del edificio anualmente y también a lo largo de su ciclo de vida, compensando el carbono incorporado en la construcción del edificio. Nota: Un objetivo emergente es incluir también el carbono incorporado procedente de los materiales, la maquinaria y los equipos utilizados en la construcción, el mantenimiento y la reparación del edificio en la definición de cero emisiones netas. Preferiblemente, estas emisiones incorporadas se reducen durante la fase de diseño y construcción en lugar de compensarse durante la fase operativa del edificio.



## Conjunto de edificios con emisiones (netas) nulas de carbono

Edificios energéticamente eficientes que comparten características similares y suelen ser propiedad o estar gestionados por la misma empresa. La demanda de energía renovable libre de carbono se satisface principalmente dentro de los límites de la cartera y no a nivel de edificios individuales.

## Distrito (neto) sin emisiones de carbono

Grupo de edificios energéticamente eficientes dentro de un área urbana geográficamente definida, con energía renovable libre de carbono suministrada principalmente a través de fuentes externas cercanas, generando energía limpia a nivel de distrito.

Una vez incluidas las estrategias de diseño eficiente, es posible considerar la instalación de un sistema de generación de energía renovable en sitio, para cubrir la demanda de energía restante. El sistema, como por ejemplo un sistema fotovoltaico, puede generar parte o toda la energía necesaria para la operación. En términos prácticos, el diseño del sistema fotovoltaico puede ser algunas de las siguientes opciones:

- **Modalidad 'fuera de red':** En este caso se diseña el sistema cuya generación sea al menos igual al consumo actual o esperado de la escuela o colegio, y se instalan baterías que funcionan como respaldo eléctrico para contrarrestar la variabilidad de generación y para uso nocturno. Este sistema es especialmente útil cuando no se tiene acceso a una red eléctrica, o cuando esta es poco confiable.
- **Neteo simple con la red:** Se diseña también para que la generación sea al menos igual al consumo actual o esperado, pero en este caso se utiliza un medidor de electricidad bidireccional que intercambia energía con la red eléctrica local. De esta forma la red funciona como la batería del caso anterior. Es especialmente útil

cuando el distribuidor eléctrico local lo permite con una tarifa de acceso a la red (feed in tariff) que sea atractiva y tenga sentido financieramente dentro del proyecto como tal.

- **Detrás del medidor:** Se diseña el sistema para que genere al menos una parte del consumo actual o esperado de la escuela o colegio. En este caso se asume que no hay interacción con la red, es decir, todo lo que se genera se debe consumir en sitio en el mismo momento que se genera. Muchas veces este escenario es atractivo cuando el proveedor local de energía eléctrica lo permite sin mucha tramitología, y cuando existe limitación de área para el sistema.

Antes de optar por incluir un sistema fotovoltaico in situ, es importante hacer algunas consideraciones a niveles macro, ya que, en ciertos casos específicos, estas soluciones no contribuyen a disminuir la huella de carbono, acorde con la transición de energética acordada en el Acuerdo de Paris. Por ejemplo, si la red eléctrica local ya es cercana a 100% de energía renovable, como ya ocurre en algunos países de ACL, instalar sistemas fotovoltaicos adicionales no es necesario y la mejor opción para disminuir la huella es simplemente usar la

energía que le brinda la red local. Sin embargo, muchas veces el atractivo se da por los ahorros en operación de que los sistemas fotovoltaicos brindan, comparados con las altas tarifas eléctricas de la red local. En países o zonas que tienen una red mayoritariamente alimentada por energía derivada de combustibles fósiles, como es en la mayoría de los casos, un sistema renovable en sitio puede contribuir a lograr la transición energética que en menor tiempo y reducir los costos operativos.

Ver publicación **+ SOL + LUZ: Guía práctica para la implementación de sistemas fotovoltaicos en proyectos de infraestructura social**

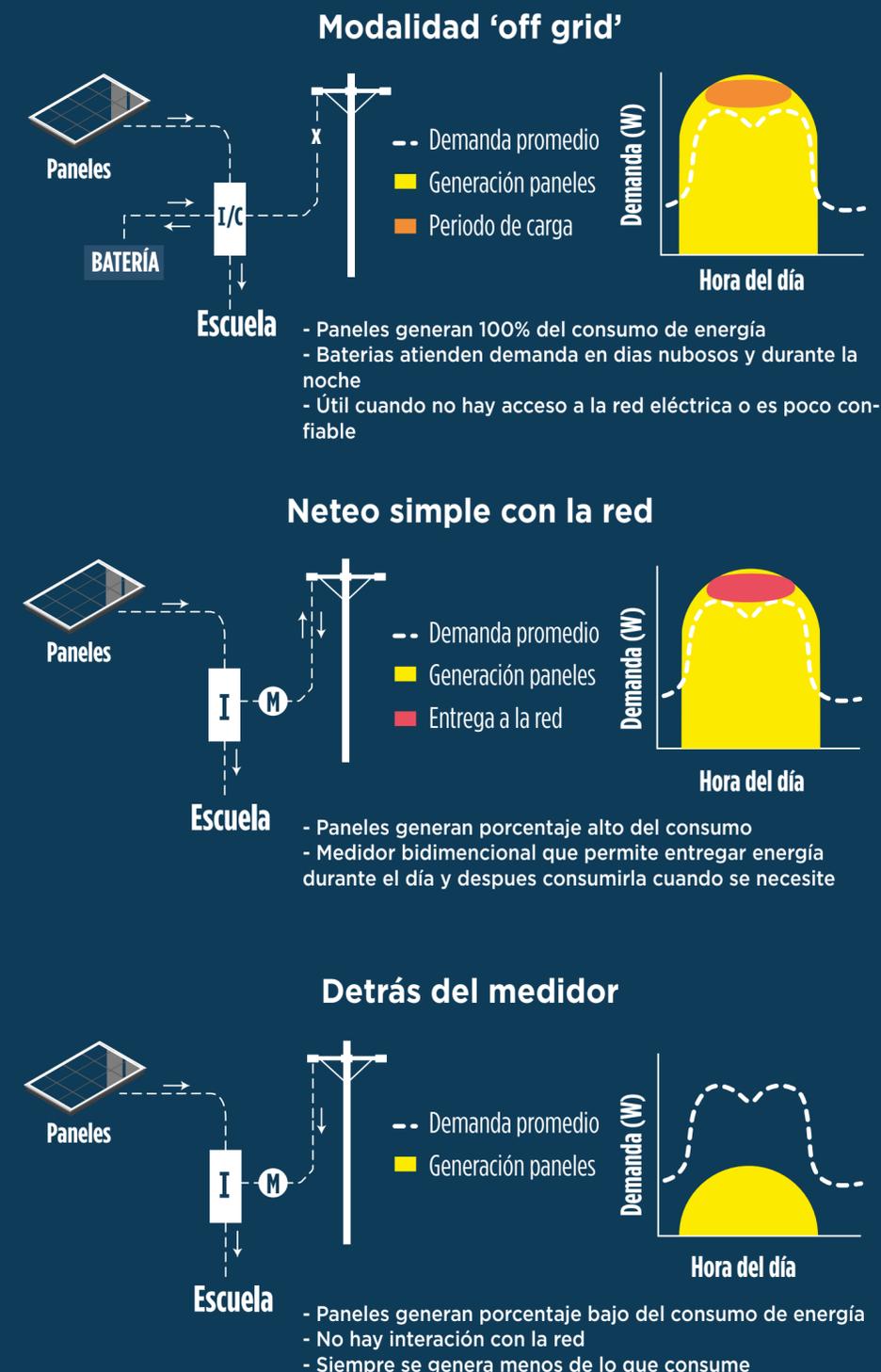


Diagrama resumen de tipos de sistemas de energía renovable

Los materiales de construcción representan un impacto importante en la huella de carbono de los edificios.

Los materiales son la base de los edificios que diseñamos y construimos, por lo que su importancia para la sostenibilidad de nuestros edificios es inmensa. A la hora de buscar materiales, siempre es importante analizar no sólo sus costes, sino también las repercusiones medioambientales, sociales y económicas asociadas a la producción, el transporte, el consumo y la eliminación de estos materiales. En la construcción sostenible, es esencial tener una perspectiva del ciclo de vida basada en sistemas y un proceso integrado para que los proyectos alcancen sus objetivos de sostenibilidad.

Existen muchas oportunidades para minimizar los daños asociados al consumo de materiales, que en general se basan en tres estrategias principales<sup>10</sup>: Conservación de materiales: utilizar menos materiales y optar por los reciclados; Utilización de materiales de construcción con una huella de carbono inferior a la de los materiales tradicionales;

<sup>10</sup> Por ejemplo, la certificación LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental) del Consejo de la Construcción Ecológica de Estados Unidos. (USGBC) emplea estas estrategias como principios de minimización

y Gestión y reducción de residuos durante la construcción y el funcionamiento, y en la fase de demolición.

## Conservación de materiales

La reducción del uso de materiales puede lograrse mediante diferentes estrategias:

- La planificación de ciudades compactas reduce la necesidad de construir infraestructuras básicas como carreteras, redes de servicios públicos (agua y saneamiento, energía, internet, etc.) y fomenta la conservación del suelo.
- La reutilización de edificios ya construidos evita los residuos materiales que provoca la demolición, minimizando el consumo de nuevos materiales para la rehabilitación.
- La reutilización de los materiales de demolición evita el consumo de nuevas materias primas.
- El diseño de edificios más pequeños, ya que el metro cuadrado más sostenible es el que no se construye. Esta estrategia busca minimizar la cantidad de metros cuadrados construidos, sin perjudicar la funcionalidad del edificio.
- El diseño de edificios flexibles. En el caso de edificios escolares,

la transformación de los espacios de aprendizaje en función de las necesidades es un elemento fundamental. Por ejemplos, los salones pueden ser separados por paredes corredizas, de manera que se pueda crear un espacio de mayores dimensiones para actividades de grupo. Los muebles pueden ser modulares, para crear diferentes layouts en el salón (trabajos en grupo pequeños, grandes, trabajo individual, etc.)

- Reducir el volumen de materiales intensivos en carbono utilizados en la construcción, mediante un diseño innovador. En concreto, los materiales o diseños alternativos para el forjado, la cubierta, las paredes exteriores y las paredes interiores pueden reducir significativamente la cantidad de hormigón utilizado por edificio. El hormigón armado con armaduras de acero se utiliza habitualmente en los cimientos de edificios, incluidos los

forjados de edificios residenciales que no tienen sótano. También puede emplearse en cubiertas de tipo losa. La cantidad de hormigón y acero utilizada en los forjados y cubiertas de un edificio puede reducirse:

- Aplicando moldes y rellenos para dar forma a las aplicaciones de hormigón en obra;
- Sustituyendo el hormigón in situ por componentes prefabricados que se hacen en una fábrica y luego se transportan y montan in situ.
- Combinando componentes prefabricados y aplicaciones de hormigón in situ para crear componentes compuestos que combinen las ventajas de ambos.



## Materiales con huella de carbono inferior

Hay muchas características que definen un material como respetuoso con el medio ambiente. En general, los materiales sostenibles son:

- Recogidos, extraídos y fabricados localmente. La selección de materiales locales es recomendada para la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas al proceso de transporte de estos al sitio de construcción, es a la vez, de utilidad a la hora de seleccionar el material, poder valorar las emisiones de los procesos de estos para su debida selección.
- Cultivados o cosechados de forma ecológica o sostenible.
- Fabricados a partir de materias primas rápidamente renovables.
- Fabricados a partir de insumos reciclados y/o biodegradables o convertibles en carbono.
- Libres de toxinas.
- Duraderos, fáciles de mantener y reutilizables.
- Compuestos de carbono en menor cantidad que los materiales convencionales.

## Gestión y reducción de residuos durante la construcción

Una obra genera grandes cantidades de residuos sólidos a lo largo del ciclo de vida del edificio. Para reducir este impacto, se pueden utilizar sistemas de construcción innovadores o gestionar adecuadamente las obras, como se explica en el apartado [3.3 Construcción](#).



## Estrategias de diseño verde por zona climática

Este apartado presenta estrategias técnicas de diseño de infraestructura escolar verde para 7 zonas climáticas identificadas en ALC (Ver pág. 21). La selección de estrategias prioriza la utilización de soluciones de diseño pasivo (infraestructura escolar bioclimática), las cuales son complementadas con estrategias activas basadas en el desempeño energético de equipos y sistemas de generación de energía renovable, para fomentar el desarrollo de infraestructura escolar baja o casi nula en consumo de energía. Además, para fomentar la infraestructura baja en carbono, también se detallan estrategias basadas en el uso de materiales sostenibles y de baja energía incorporada.

La inclusión integral de las estrategias de diseño permitirá alcanzar niveles efectivos de sostenibilidad ambiental y reducir el impacto de las emisiones de GEI.

Para determinar las estrategias más apropiadas en cada zona climática, se identificó una muestra de ciudades representativas de los distintos climas de ALC, y se emplearon dos programas informáticos, de uso libre: (i) *Climate*

*Consultant*<sup>6</sup>, que permitió la identificación de estrategias de diseño pasivo y diseño activo más relevante para lograr el confort térmico durante las horas de funcionamiento del edificio escolar, de acuerdo con el clima local; y (ii) el aplicativo en línea de la certificación EDGE<sup>7</sup>, que permitió confirmar que la adopción de las estrategias seleccionadas permiten cumplir los requerimientos mínimos de la certificación EDGE tanto para un prototipo de infraestructura para pre-escolares, como para un prototipo de edificio escolar (Para mayores detalles, ver **Apéndice I**).

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos para las distintas zonas climáticas.

<sup>6</sup> **Climate Consultant** es un programa informático simple de usar y basado en gráficos, que ayuda a los arquitectos, constructores, contratistas, propietarios de viviendas y estudiantes a comprender su clima local.

<sup>7</sup> Excelencia en Diseño para una Mayor Eficiencia (EDGE, por sus siglas en inglés) es un sistema y estándar internacional, con software gratuito, de certificación de construcción sostenible. Establece 3 dimensiones de ahorros mínimos de recursos: 20% en energía, 20% de agua y 20% de energía incorporada en los materiales respecto a una construcción convencional.

Estrategia de diseño <sup>8</sup>	Extremadamente caliente	Muy caliente	Caliente	Cálido	Mixto	Fresco-Templado	Frío
	0 (A-B)	1 (A-B)	2 (A-B)	3 (A-B-C)	4 (A-B-C)	5 (A-B-C)	6 (A-B)
Protección Solar	✓	✓	✓	✓	✓	X	X
Calentamiento Solar	X	X	X	✓	✓	✓	✓
Vidrios eficientes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Masa térmica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vegetación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ventilación natural	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Forma	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aislamiento térmico	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Reflectancia Rolar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ventilación mecánica	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Climatización (enfriamiento)	✓	✓	✓	✓	X	X	X
Climatización (calefacción)	X	X	X	✓	✓	✓	✓
Iluminación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Consumo de agua	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Agua lluvia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Energía renovable	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Materiales	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

<sup>8</sup> La descripción técnica y aplicativa se detalla en el **Apéndice II**

# Fichas de diseño por zona climática de ALC

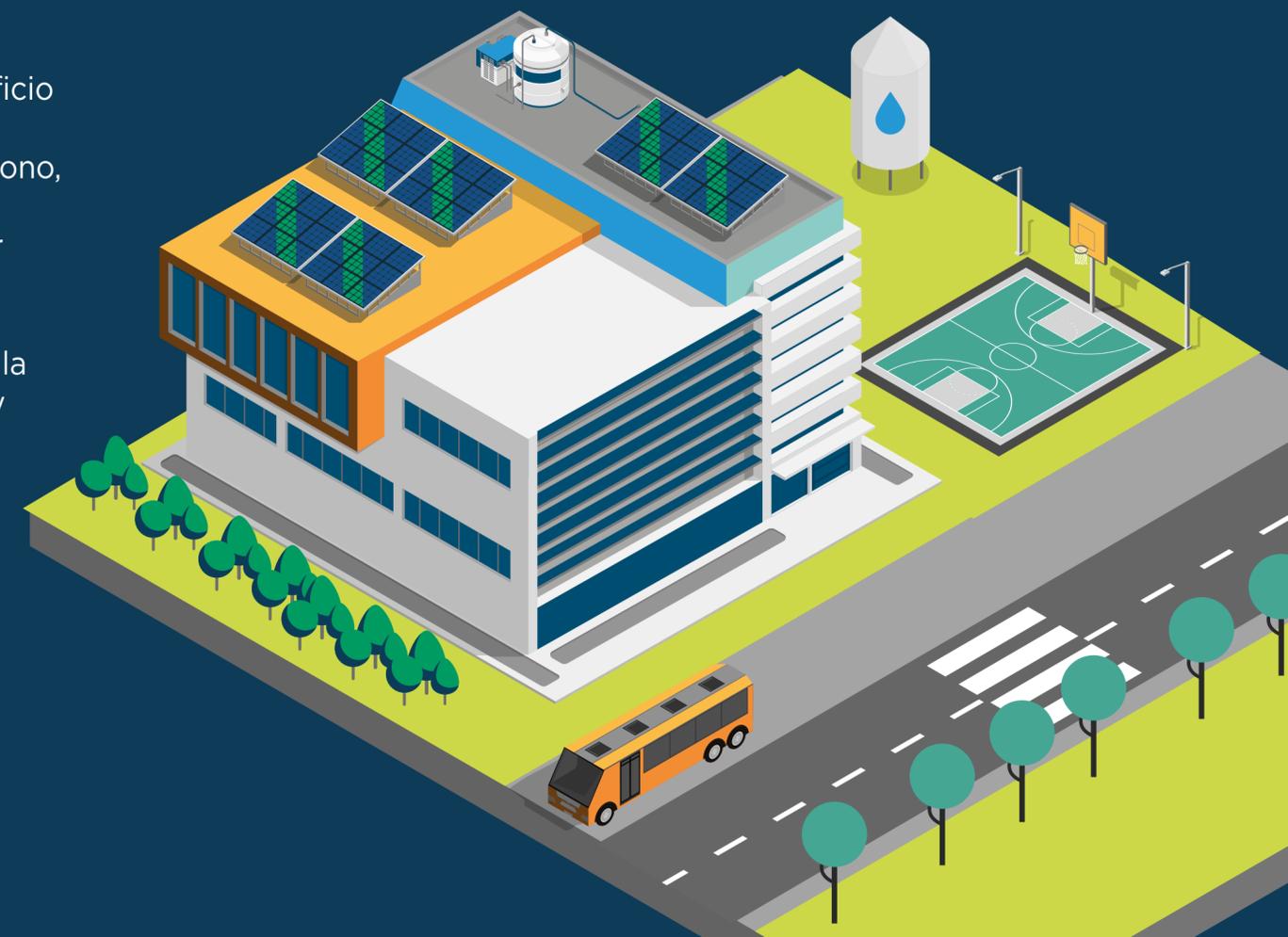
En las siguientes paginas se presentan fichas que recopilan las estrategias técnicas de diseño de infraestructura escolar verde para 7 zonas climáticas identificadas en ALC.

## Cada ficha incluye:

1. Mapa: extensión geográfica del clima específico en ALC

2. Set de medidas: la infografía muestra las mejores estrategias de diseño aplicables a proyectos escolar, divididas por categoría (adaptación, pasivas, activas, materiales y energía renovable). En particular, las estrategias pasivas y activas están enlistadas de acuerdo con el impacto en el desempeño del edificio, comenzando por las más efectivas. A medida que se avanza con las estrategias, se puede lograr un edificio resiliente, bioclimático, eficiente en consumo de recursos, bajo en carbono, alcanzando edificios bajos o nulos en energía en el caso de incorporar todas las estrategias propuestas. Adicionalmente, se presenta un termómetro de confort, que indica la incidencia de las medidas pasivas y activas en el confort térmico.

3. Caso aplicado: verificación del set de medidas en infraestructura preescolar y escolar, que demuestra ahorros superiores al 20% de recursos energéticos e hídricos, equivalentes al cumplimiento del estándar de certificación verde EDGE.



De acuerdo con la clasificación de climas de ASHRAE<sup>9</sup>, en América Latina y el Caribe, este documento analiza los siguientes climas:

## CLIMAS

<b>Extremadamente Caliente</b>	 <b>Zona 0A</b> - Clima húmedo
	 <b>Zona 0B</b> - Clima seco
<b>Muy caliente</b>	 <b>Zona 1A</b> - Clima húmedo
	 <b>Zona 1B</b> - Clima seco
<b>Caliente</b>	 <b>Zona 2A</b> - Clima húmedo
	 <b>Zona 2B</b> - Clima seco
<b>Cálido</b>	 <b>Zona 3A</b> - Clima húmedo
	 <b>Zona 3B</b> - Clima seco
	 <b>Zona 3C</b> - Clima marítimo

<b>Mixto</b>	 <b>Zona 4A</b> - Clima húmedo
	 <b>Zona 4B</b> - Clima seco
	 <b>Zona 4C</b> - Clima marítimo
<b>Fresco - templado</b>	 <b>Zona 5A</b> - Clima húmedo
	 <b>Zona 5B</b> - Clima seco
	 <b>Zona 4C</b> - Clima marítimo
<b>Frío</b>	 <b>Zona 6A</b> - Clima húmedo
	 <b>Zona 6B</b> - Clima seco



<sup>9</sup> Ver [Apéndice I](#) para detalles sobre clasificación ASHRAE.

País	Ciudad	Zona	País	Ciudad	Zona	País	Ciudad	Zona	País	Ciudad	Zona	País	Ciudad	Zona	
Argentina	Azul	3A	Argentina	San Rafael	3B	Brasil	Porto Velho	0A	Ecuador	Guayaquil	1A	México	México	Zacatecas	3C
	Bahía Blanca	3A		Santa Rosa	3A		Presidente Prudente	1A		Quito	3A		Nicaragua	Managua	0A
	Catamarca	2B		Santiago Del Estero	2B		Recife	0A	Guatemala	Huehuetenango	3C	Panamá	Balboa	0A	
	Puerto Iguazú	2A		Sauce Viejo	3A		Rio Branco	0A		Ciudad De Guatemala	2A		Ciudad De Panamá	0A	
	Ceres	3A		Tandil	3A		Río De Janeiro	1A		Puerto Barrios	1A	Perú	Arequipa	3C	
	Chamical	2B		Tartagal	2A		Salvador	0A		Puerto San Jose	0A		Chiclayo	2B	
	Comodoro Rivadavia	4B		Trelew	3B		Santa Cruz Do Sul	1A	Guyana	Timehri	0A		Cusco	4A	
	Concordia	3A		Ushuaia	6A		Santa María	2A		Honduras	La Ceiba		1A	Huanchaco	2B
	Cordoba	3A		Viedma	3B		Santarém	0A	San Pedro Sula		0A		Iquitos	0A	
	Corrientes	2A		Villa Dolores	3B		Sao José Dos Campos	2A	Tegucigalpa	2A	Lima		2B		
	Dolores	3A	Villa Reynolds	3A	Sao Luís	0A	Haití	Puerto Príncipe	0B	Pisco	2B				
	Mendoza	3B	Bahamas	Nassau	1A	Congonhas		2A	Jamaica	Kingston	0A		Piura	1B	
	Esquel	5C		West End	1A	Sao Paulo	2A	Montego Bay		0A	Pucallpa	0A			
	Ezeiza	3A	Belice	Belize City	0A	Teresina	0A	México	Acapulco	0A	San Juan De Marcona	2B			
	Formosa	2A	Bolivia	Cochabamba	3B	Uberaba	2A		Veracruz	1A	Tacna	3B			
	Gualeguaychú	3A		La Paz	5A	Uberlandia	2A		Cancún	1A	Talara	1B			
	Buenos Aires	3A		Santa Cruz De La Sierra	1A	Campinas	2A		Chetumal	0A	Tumbes	1B			
	San Salvador De Jujuy	3A	Brasil	Curitiba	3A	Vitoria	1A		Comitán	3C	Paraguay	Asunción	2A		
	Junín	3A		Anápolis	2A	Barbados	Seawell		0A	Culiacán		1B	Concepción	1A	
	La Rioja	2B		Aracaju	0A		Chile		Balmaceda	6A		Durango	3B	Ciudad Del Este	2A
	Laboulaye	3A		Bauru	2A		Punta Arenas		6A	Guadalajara		3A	Luque	2A	
	El Calafate	5C		Belém	0A		Talcahuano		3C	Guanajuato		3B	Villarrica	2A	
	Malargüe	4B		Belo Horizonte	2A		Talcahuano		3C	Hermosillo	1B	El Salvador	San Salvador	0A	
	Mar Del Plata	3A		Boa Vista	0A		Arica	3B	Tuxtla Gutiérrez	1A	Surinam		Zanderij	0A	
	Marcos Juárez	3A		Brasilia	2A		Caldera	3C	Manzanillo	0A	Trinidad y Tobago	Crown Point	0A		
	Monte Caseros	2A		Campo Grande	1A		Iquique	3B	Mazatlán	1B		Piarco	0A		
	Neuquén	3B		Canoas	2A		Puerto Montt	4A	Mérida	0A	Uruguay	Artigas	3A		
	Paraná	3A	Caravelas	1A		Islas Diego Ramirez	6A	Mexicali	2B	Carrasco		3A			
	Paso De Los Libres	2A	Confins	2A		Islotes Evangelistas	6A	Ciudad De México	3A	Florida		3A			
	Pilar	3A	Cuiabá	0A		La Florida	3C	Monclova	1B	Colonia Del Sacramento		3A			
	Posadas	2A	Fernando De Noronha	0A		Pudahuel	3C	Monterrey	2B	Melo		3A			
	Puerto San Julián	5B	Florianópolis	2A		Santiago	4C	Álvaro Obregón	3C	Montevideo		3A			
	Reconquista	2A	Fortaleza	0A		Valparaiso	3C	Ramos Arizpe	3B	Paso De Los Toros		3A			
	Resistencia	2A	Foz Do Iguacu	2A	Colombia	Cali	1A	Puebla	3A	Punta Del Este		3A			
	Río Cuarto	3A	Goiania	1A			Bogotá	3A	Puerto Vallarta	1A		Rivera	3A		
	Río Gallegos	5B	Ilheus	1A			Barranquilla	0A	San Luís Potosí	3B		Rocha	3A		
	Río Grande	6A	Joao Pessoa	1A			San Andrés	0A	Tampico	1A	Salto	3A			
	Presidencia Roque Sáenz Peña	2A	Ribeirao Preto	1A			Medellín	3A	Tapachula	0A	Treinta Y Tres	3A			
	Rosario	3A	Londrina	2A	Costa Rica	Cartagena	0A	Tepic	2A	Venezuela	Mérida	2A			
	Salta	3A	Macaee	1A		San José	2A	Tijuana	3B		Barquisimeto	1B			
San Antonio Oeste	3B	Macapá	0A	República Dominicana	Santiago De Los Caballeros	1A	Toluca	3A	Barcelona		0B				
San Carlos De Bariloche	5C	Maceió	1A			Santo Domingo	1A	Torreón	2B		Guanare	0A			
San Juan	3B	Manaus	0A			Puerto Plata	1A	Tulancingo	3C		San Antonio Del Táchira	0A			
San Luís	3B	Marabá	0A			Punta Cana	0A	Tuxpan	1A		Porlamar	0B			
San Martín	3B	Natal	0A	Ecuador	Latacunga	3A	Veracruz	1A	Caracas		0B				
San Miguel De Tucumán	2A	Palmas	0A			Manta	1B	Xalapa	3A		Tacarigua De Mamporal	1A			
								Cozumel	0A						

### Fichas de diseño para clima extremadamente caliente: húmedos (A) y secos (B).

En promedio, la infraestructura escolar emplazada en este tipo de clima logra mantener un nivel de confort adecuado incorporando medidas pasivas en el diseño arquitectónico, únicamente durante el 20% de las horas de funcionamiento (estimado entre 7 am y 5 pm). El restante 80% de las horas requiere la incorporación de medidas activas, como, por ejemplo, el uso de ventiladores de techo y sistemas de aire acondicionado con desempeño energético eficiente.

La siguiente infografía permite guiar la toma de decisiones en la selección prioritaria de estrategias de diseño, enlistadas de acuerdo al impacto en el desempeño del edificio, partiendo desde la selección integral de medidas pasivas, como elementos arquitectónicos de protección solar para prevenir el sobrecalentamiento de los espacios, entre otras indicadas, y continuando con la selección de medidas activas que a través del uso de equipos de climatización con alta eficiencia energética permitan reducir la demanda de energía.

Adicionalmente se propone el uso de sistemas de generación de energía renovable para aumentar la autonomía energética de la infraestructura escolar. En miras hacia una transición verde y la descarbonización del sector de la construcción se recomienda la incorporación de materiales bajos en carbono.



**INICIO**

## Estrategias de adaptación



**Diseño resiliente**  
Ver las estrategias de diseño resiliente por tipo de amenaza, en a partir de **pág.44**.

**Edificio resiliente**

## Estrategias pasivas



### Protección Solar

Incluir parasoles y aletas en todas las ventanas para disminuir la radiación solar directa. Orientar la mayoría de las ventanas hacia el frente menos asoleado (norte, en hemisferio norte, sur, en hemisferio sur, y norte o sur en el ecuador). Minimizar o eliminar ventanas hacia el oeste para disminuir la ganancia de calor durante las tardes.



### Vidrios eficientes

Instalar vidrios con bajo coeficiente de ganancia de calor por radiación en todas las direcciones, con ventanas operables, que deben permanecer cerradas cuando el aire acondicionado está operando.

### Ventilación natural

Orientar las ventanas hacia los vientos predominantes, manteniendo el debido sombreado y utilizando siempre malla protectora para prevenir problemas con insectos. Considerar ventilación en los áticos y/o sistemas de techo ventilado.



### Vegetación

Plantas, árboles, jardines verticales, especialmente del lado oeste, para resguardar la construcción y disminuir la ganancia de calor.



#### A. Húmedo

Paredes de baja masa térmica (paredes livianas) con aislamiento, con aberturas para ventilación cruzada.

### Masa térmica

#### B. Seco

Paredes con alta masa térmica para la absorción de calor durante el día y liberación durante la noche.



### Forma

Dimensionar el edificio adecuadamente, para no acondicionar espacios que no se usan en su totalidad y maximizar el uso de zonas exteriores techadas, especialmente en la orientación donde se tienen los vientos prevalecientes.



#### A. Húmedo

Preferir edificio angosto, con techos altos, para maximizar ventilación cruzada y planta baja elevada sobre el nivel del suelo, para mantener ventilación natural debajo del edificio.

#### B. Seco

Preferir techos altos con abanicos de extracción de aire, para maximizar ventilación cruzada.



### Aislamiento térmico

Incluir aislamiento térmico reflectivo para reducir el calor que se emite por el techo.



### Reflectancia Solar

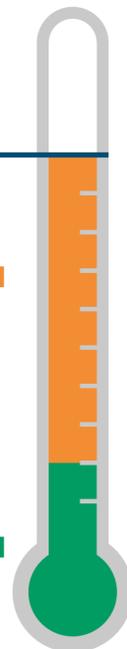
Utilizar colores claros con alta reflectancia y emitancia en paredes exteriores y techos, para evitar ganancias térmicas.

**Edificio pasivo o bioclimático**

**Confort térmico**

Medidas activas inciden el **80%**

Medidas pasivas inciden el **20%**



### Consumo de agua eficiente

Utilizar griferías, duchas e inodoros de bajo consumo de agua.



### Iluminación eficiente

Utilizar sistema eléctrico con bombillas LED con fotosensores o sensores de movimiento.



### Climatización

Utilizar aire acondicionado de alta eficiencia energética.



### Ventilación mecánica

Utilizar ventiladores de techo puede aportar una sensación térmica hasta 2.8 °C más frío, lo que disminuye la necesidad de aire acondicionado, con un consumo energético menor a 40 watts.



**Estrategias activas**



### Agua lluvia

Recolección y uso de agua lluvia.



**Edificio eficiente en consumos de recursos**

### Materiales

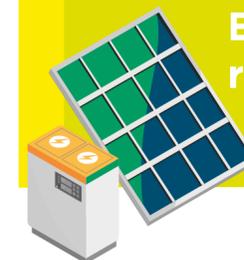
Materiales sostenibles, locales y de baja energía incorporada.



**Edificio bajo en carbono**

### Energía renovable

Utilizar Paneles solares u otro sistema de generación de energía en el sitio.



**Edificio bajo o nulo en energía y bajo en carbono.**

**FIN**

## Caso aplicado en climas extremadamente calientes (Zona 0)

En esta sección se presenta un set de medidas aplicado a infraestructura preescolar y escolar ubicada en varias ciudades de ALC con clima extremadamente caliente. Los prototipos arquitectónicos de preescolar y escolar empleados a este efecto obedecen a los prototipos referenciales preestablecidos en esta guía. Acorde a las estrategias de diseño recomendadas para climas Extremadamente Calientes, se seleccionaron características específicas y valores técnicos referenciales que de forma integral permiten demostrar el cumplimiento del estándar de certificación verde EDGE generando ahorros superiores al 20% de recursos energéticos e hídricos.

### Resultados promedio - Zona climática 0

#### Colegio



#### Preescolar

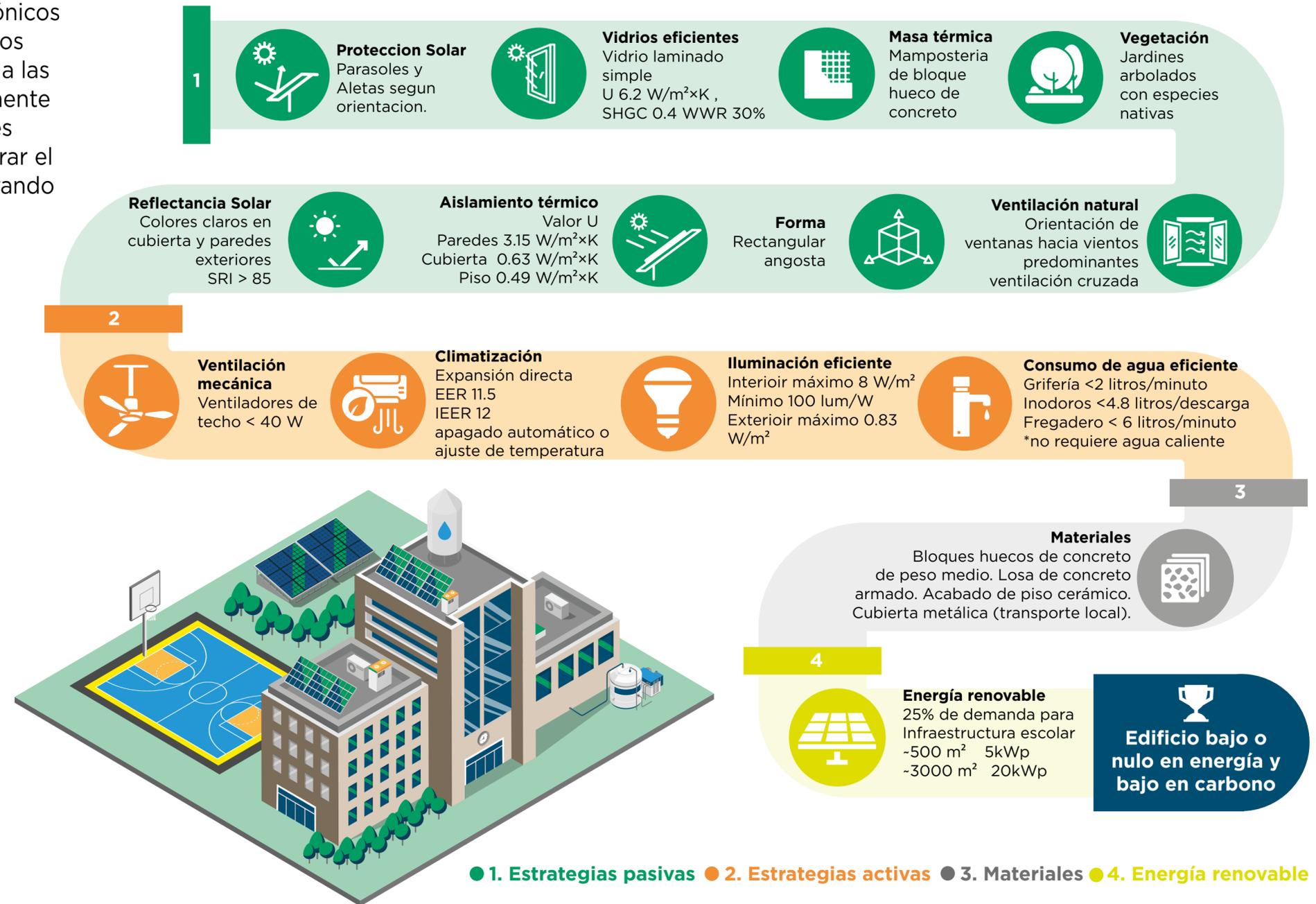
— Ahorro contra caso base EDGE



Rango Promedio

Resultado de costo-beneficio	Indicador	Rango	Promedio
Resultado de costo-beneficio	Aumento de inversión inicial (%)	0.24 - 0.94	0.53
	Retorno de la inversión (año)	0.40 - 1.20	0.71

\* Estos resultados no consideran energía renovable. En caso de incorporarlo, los ahorros estimados serían superiores, acercándose o superando el 40%, que puede corresponder a un EDGE Advanced.



● 1. Estrategias pasivas ● 2. Estrategias activas ● 3. Materiales ● 4. Energía renovable

## Fichas de diseño para climas muy calientes: húmedos (A) y secos (B)

En promedio la infraestructura escolar emplazada en este tipo de clima logra mantener el nivel de confort incorporando medidas pasivas en el diseño arquitectónico durante el 60% de las horas de funcionamiento (estimado entre 7 am y 5 pm). El restante 40% de las horas requiere la incorporación de medidas activas, como, por ejemplo, el uso de ventiladores de techo y sistemas de aire acondicionado con desempeño energético eficiente.

La siguiente infografía permite guiar la toma de decisiones en la selección prioritaria de estrategias de diseño, enlistadas de acuerdo al impacto en el desempeño del edificio, partiendo desde la selección integral de medidas pasivas, como elementos arquitectónicos de protección solar para prevenir el sobrecalentamiento de los espacios, entre otras indicadas, y continuando con la selección de medidas activas que a través del uso de equipos de climatización con alta eficiencia energética permitan reducir la demanda de energía.

Adicionalmente se propone el uso de sistemas de generación de energía renovable para aumentar la autonomía energética de la infraestructura escolar. En miras hacia una transición verde y la descarbonización del sector de la construcción se recomienda la incorporación de materiales bajos en carbono.



**INICIO**

## Estrategias de adaptación



**Diseño resiliente**  
Ver las estrategias de diseño resiliente por tipo de amenaza, a partir de pág.44.

**Edificio resiliente**

## Estrategias pasivas



### Protección Solar

Incluir parasoles y aletas en todas las ventanas para disminuir la radiación solar directa. Orientar la mayoría de las ventanas hacia el frente menos asoleado (norte, en hemisferio norte, sur, en hemisferio sur, y norte o sur en el ecuador). Minimizar o eliminar ventanas hacia el oeste para disminuir la ganancia de calor durante las tardes.



### Vegetación

Aprovechar de plantas, arboles, jardines verticales, especialmente del lado oeste, para resguardar la construcción y disminuir la ganancia de calor.

### Vidrios eficientes

Instalar vidrios con bajo coeficiente de ganancia de calor por radiación en todas las direcciones, con ventanas operables, que deben permanecer cerradas cuando el aire acondicionado está operando.



### Ventilación natural

Orientar las ventanas hacia los vientos predominantes, manteniendo el debido sombreado y utilizando siempre malla protectora para prevenir problemas con insectos. Considerar ventilación en los áticos y/o sistemas de techo ventilado.



#### A. Húmedo

Utilizar paredes de baja masa térmica (paredes livianas) con aislamiento, con aberturas para ventilación cruzada.

#### Masa térmica

**B. Seco**  
Utilizar paredes con alta masa térmica para la absorción de calor durante el día y liberación durante la noche.



### Forma

Dimensionar el edificio adecuadamente, para no acondicionar espacios que no se usan en su totalidad. Maximizar el uso de zonas exteriores techadas, especialmente en la orientación donde se tienen los vientos prevalecientes.



#### A. Húmedo

Preferir edificio angosto, con techos altos, para maximizar ventilación cruzada y planta baja elevada sobre el nivel del suelo, para mantener ventilación natural debajo del edificio.

#### B. Seco

Preferir techos altos con abanicos de extracción de aire, para maximizar ventilación cruzada.



### Reflectancia Solar

Utilizar colores claros con alta reflectancia y emitancia en paredes exteriores y techos, para evitar ganancias térmicas.



### Aislamiento térmico

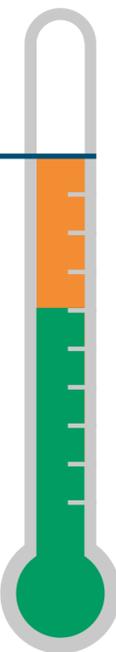
Incluir aislamiento térmico reflectivo para reducir el calor que se emite por el techo.

**Edificio pasivo o bioclimático**

**Confort térmico**

Medidas activas inciden el **40%**

Medidas pasivas inciden el **60%**



### Consumo de agua eficiente

Utilizar griferías, duchas e inodoros de bajo consumo de agua.



### Iluminación eficiente

Utilizar sistema eléctrico con bombillas LED con fotosensores o sensores de movimiento.



### Climatización

Utilizar aire acondicionado de alta eficiencia energética.



### Ventilación mecánica

Utilizar ventiladores de techo puede aportar una sensación térmica hasta 2.8 °C más frío, lo que disminuye la necesidad de aire acondicionado, con un consumo energético menor a 40 watts.



## Estrategias activas



### Agua lluvia

Recolección y uso de agua lluvia,



**Edificio eficiente en consumos de recursos**

## Materiales



Materiales sostenibles, locales y de baja energía incorporada.

**Edificio bajo en carbono**



## Energía renovable

Utilizar Paneles solares u otro sistema de generación de energía en el sitio.

**Edificio bajo o nulo en energía y bajo en carbono.**

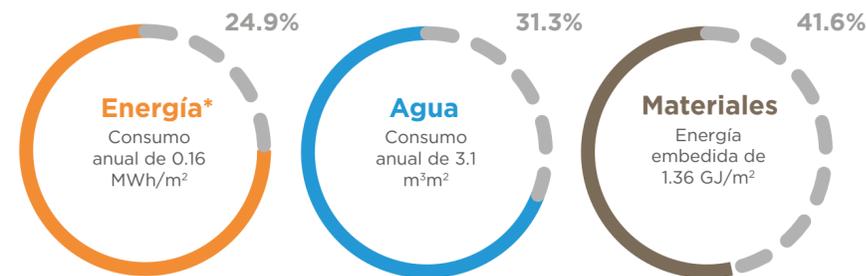
**FIN**

## Caso aplicado en climas muy calientes (Zona 1)

En esta sección se presenta un set de medidas aplicado a infraestructura preescolar y escolar ubicada en varias ciudades de ALC con clima muy caliente. Los prototipos arquitectónicos de preescolar y escolar empleados a este efecto obedecen a los prototipos referenciales preestablecidos en esta guía. Acorde a las estrategias de diseño recomendadas para climas Muy Calientes, se seleccionaron características específicas y valores técnicos referenciales que de forma integral permiten demostrar el cumplimiento del estándar de certificación verde EDGE generando ahorros superiores al 20% de recursos energéticos e hídricos.

### Resultados promedio - Zona climática 1

#### Colegio



#### Preescolar

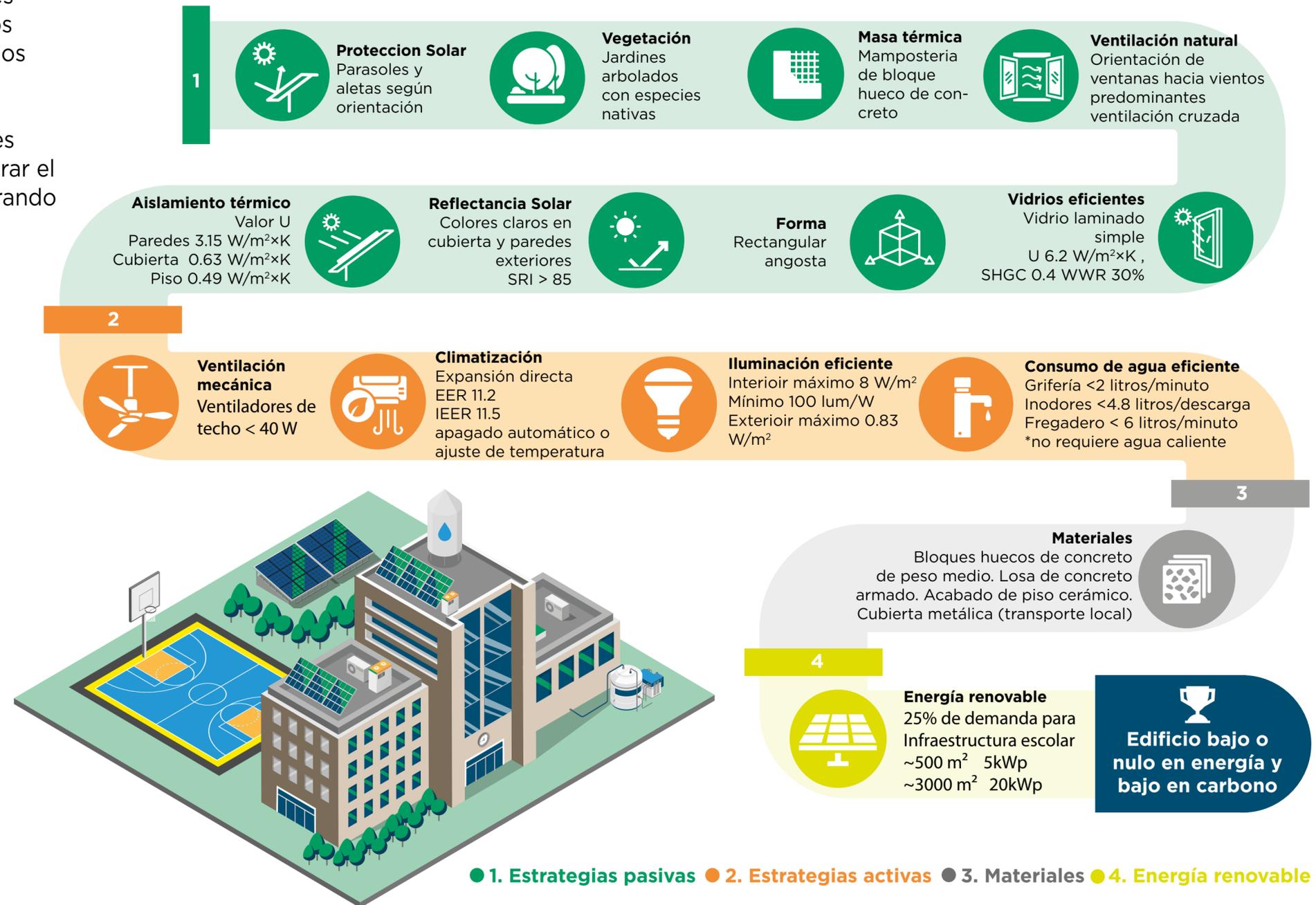
— Ahorro contra caso base EDGE



Rango Promedio

Resultado de costo-beneficio	Métrica	Rango	Promedio
Resultado de costo-beneficio	Aumento de inversión inicial (%)	0.05 - 0.89	0.36
	Retorno de la inversión (año)	0.10 - 1.00	0.41

\* Estos resultados no consideran energía renovable. En caso de incorporarlo, los ahorros estimados serían superiores, acercándose o superando el 40%, que puede corresponder a un EDGE Advanced.



### Fichas de diseño para clima caliente: húmedos (A) y secos (B).

En promedio la infraestructura escolar emplazada en este tipo de clima logra mantener el nivel de confort incorporando medidas pasivas en el diseño arquitectónico durante el 81% de las horas de funcionamiento (estimado entre 7 am y 5 pm). El restante 19% de las horas requiere la incorporación de medidas activas, como, por ejemplo, el uso de ventiladores de techo y sistemas de aire acondicionado con desempeño energético eficiente.

La siguiente infografía permite guiar la toma de decisiones en la selección prioritaria de estrategias de diseño, enlistadas de acuerdo al impacto en el desempeño del edificio, partiendo desde la selección integral de medidas pasivas, como elementos arquitectónicos de protección solar para prevenir el sobrecalentamiento de los espacios, entre otras indicadas, y continuando con la selección de medidas activas que a través del uso de equipos de climatización con alta eficiencia energética permitan reducir la demanda de energía.

Adicionalmente se propone el uso de sistemas de generación de energía renovable para aumentar la autonomía energética de la infraestructura escolar. En miras hacia una transición verde y la descarbonización del sector de la construcción se recomienda la incorporación de materiales bajos en carbono.



## INICIO

### Estrategias de adaptación



#### Diseño resiliente

Ver las estrategias de diseño resiliente por tipo de amenaza, a partir de pág.44.



### Estrategias pasivas



#### Protección Solar

Incluir parasoles y aletas en todas las ventanas para disminuir la radiación solar directa. Maximizar la cantidad de ventana en la cara asoleada (sur, para hemisferio norte, y norte, para hemisferio sur) para aprovechar la radiación solar para calentar el espacio durante el invierno, pero asegurarse de poder sombrearla durante el verano. Minimizar o eliminar ventanas hacia el oeste para disminuir la ganancia de calor durante las tardes.



#### Vegetación

Aprovechar de plantas, árboles, jardines verticales, especialmente del lado oeste, para resguardar la construcción y disminuir la ganancia de calor.

#### Forma

Orientar el edificio con las caras largas hacia el norte y el sur. En el hemisferio sur, maximizar la cantidad de ventana en la cara norte para aprovechar la radiación solar para calentar el espacio durante el invierno, pero asegurarse de poder sombrearla durante el verano. En el hemisferio norte, al revés.



#### Reflectancia Solar

Utilizar colores claros con alta reflectancia y emitancia en paredes exteriores y techos, para evitar ganancias térmicas.



#### Ventilación natural

Orientar las ventanas hacia los vientos predominantes, manteniendo el debido sombreado y utilizando siempre malla protectora para prevenir problemas con insectos. Considerar ventilación en los áticos y/o sistemas de techo ventilado.



#### A. Húmedo

Utilizar paredes de baja masa térmica (paredes livianas) con aislamiento, con aberturas para ventilación cruzada.

#### Masa térmica

#### B. Seco

Paredes con alta masa térmica para la absorción de calor durante el día y liberación durante la noche.



#### A. Húmedo

Preferir edificio angosto, con techos altos de baja pendiente, para maximizar ventilación cruzada y planta baja elevada sobre el nivel del suelo, para mantener ventilación natural debajo del edificio o loza de concreto sobre el nivel de piso.

#### B. Seco

Preferir techos con baja pendiente y parasoles o techos planos con colores claros.



#### Vidrios eficientes

Instalar vidrios con bajo coeficiente de ganancia de calor por radiación (SHGC) en las orientaciones este, oeste y fachada menos asoleada (norte para hemisferio norte y sur para hemisferio sur).

En el lado asoleado (sur, para hemisferio norte, y norte, para hemisferio sur) emplear altos coeficientes SHGC para maximizar la ganancia de calor.



#### Aislamiento térmico

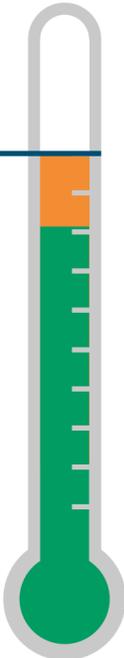
Incluir aislamiento térmico en paredes externas y techos.



### Confort térmico

Medidas activas inciden el **19%**

Medidas pasivas inciden el **81%**



#### Consumo de agua eficiente

Utilizar griferías, duchas e inodores de bajo consumo de agua.



#### Iluminación eficiente

Utilizar sistema eléctrico con bombillas LED con fotosensores o sensores de movimiento.



#### Climatización

Utilizar aire acondicionado de alta eficiencia energética.

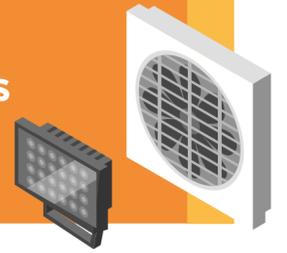


#### Ventilación mecánica

Instalar ventiladores de techo puede aportar una sensación térmica hasta 2.8 °C más frío, lo que disminuye la necesidad de aire acondicionado.



### Estrategias activas



#### Agua lluvia

Recolección y uso de agua lluvia.



### Edificio eficiente en consumos de recursos

#### Materiales

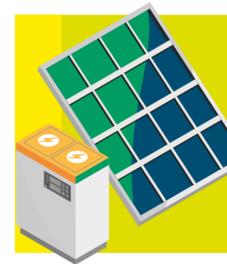
Materiales sostenibles, locales y de baja energía incorporada.



### Edificio bajo en carbono

### Energía renovable

Utilizar Paneles solares u otro sistema de generación de energía en el sitio.



### Edificio bajo o nulo en energía y bajo en carbono.



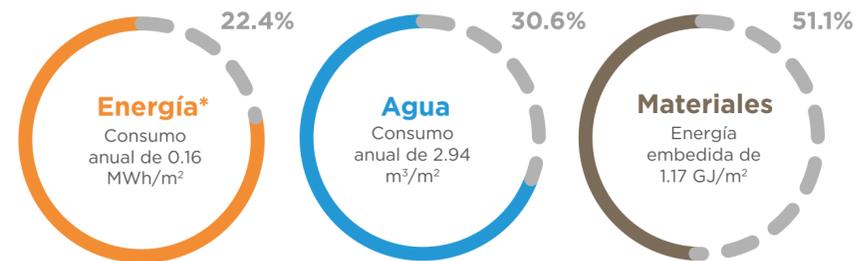
## FIN

## Caso aplicado en climas calientes (Zona 2)

En esta sección se presenta un set de medidas aplicado a infraestructura preescolar y escolar ubicada en varias ciudades de ALC con clima caliente. Los prototipos arquitectónicos de preescolar y escolar empleados a este efecto obedecen a los prototipos referenciales preestablecidos en esta guía. Acorde a las estrategias de diseño recomendadas para climas Calientes, se seleccionaron características específicas y valores técnicos referenciales que de forma integral permiten demostrar el cumplimiento del estándar de certificación verde EDGE generando ahorros superiores al 20% de recursos energéticos e hídricos.

### Resultados promedio - Zona climática 0

#### Colegio



#### Preescolar

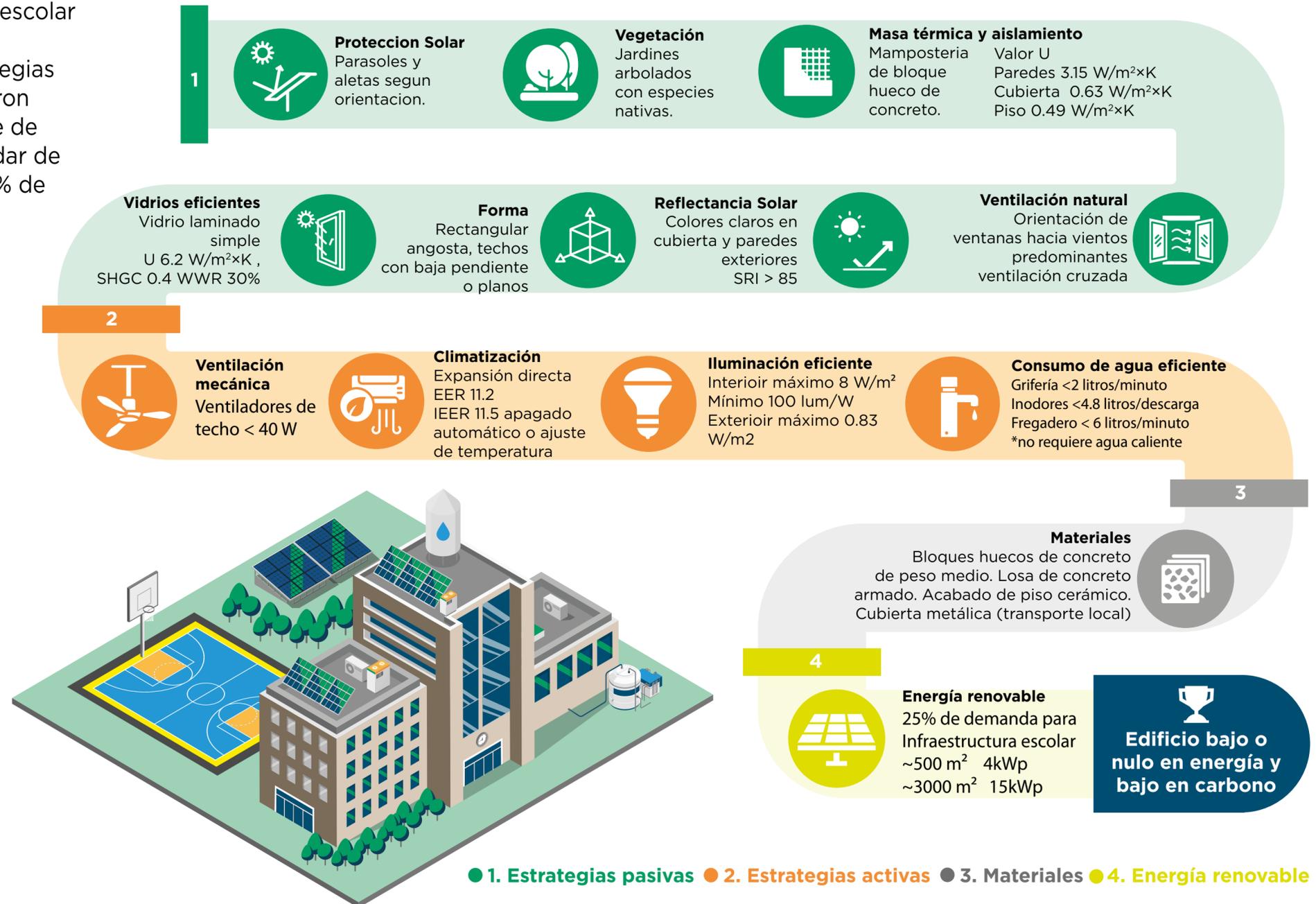
— Ahorro contra caso base EDGE



Rango Promedio

Resultado de costo-beneficio	Indicador	Rango	Promedio
Resultado de costo-beneficio	Aumento de inversión inicial (%)	0.01 - 1.21	0.39
	Retorno de la inversión (año)	0.10 - 2.20	0.75

\* Estos resultados no consideran energía renovable. En caso de incorporarlo, los ahorros estimados serían superiores, acercándose o superando el 40%, que puede corresponder a un EDGE Advanced.

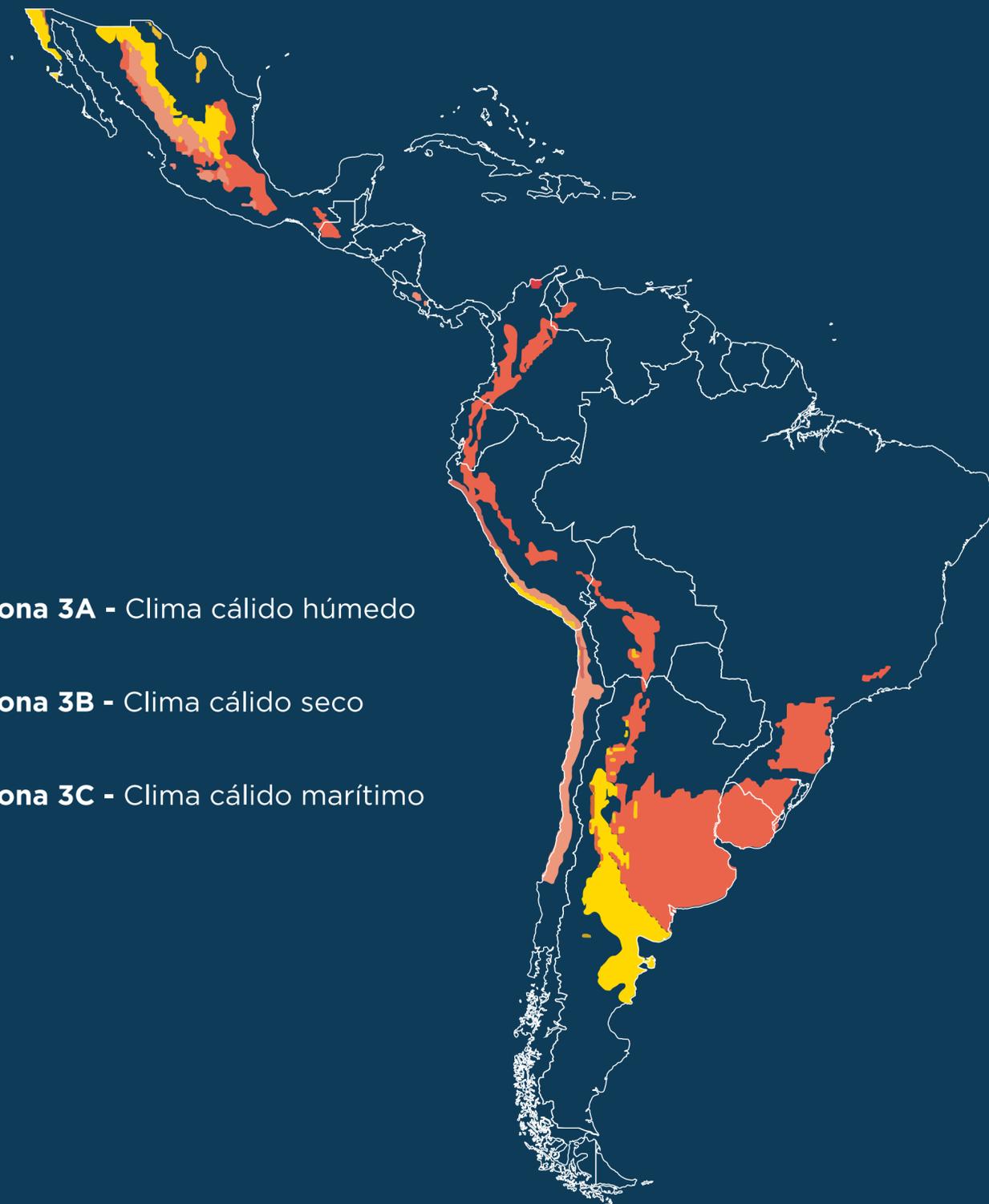


### Fichas de diseño para climas cálidos: húmedos (A), secos (B) y marítimos (C)

En promedio la infraestructura escolar emplazada en este tipo de clima logra mantener el nivel de confort incorporando medidas pasivas en el diseño arquitectónico durante el 78% de las horas de funcionamiento (estimado entre 7 am y 5 pm). El restante 22% de las horas requiere la incorporación de medidas activas, como, por ejemplo, el uso de ventiladores de techo y sistemas de aire acondicionado con desempeño energético eficiente.

La siguiente infografía permite guiar la toma de decisiones en la selección prioritaria de estrategias de diseño, enlistadas de acuerdo al impacto en el desempeño del edificio, partiendo desde la selección integral de medidas pasivas, como elementos arquitectónicos de protección solar para prevenir el sobrecalentamiento de los espacios, entre otras indicadas, y continuando con la selección de medidas activas que a través del uso de equipos de climatización con alta eficiencia energética permitan reducir la demanda de energía.

Adicionalmente se propone el uso de sistemas de generación de energía renovable para aumentar la autonomía energética de la infraestructura escolar. En miras hacia una transición verde y la descarbonización del sector de la construcción se recomienda la incorporación de materiales bajos en carbono.

- 
- Zona 3A** - Clima cálido húmedo
  - Zona 3B** - Clima cálido seco
  - Zona 3C** - Clima cálido marítimo

## INICIO

### Estrategias de adaptación



**Diseño resiliente**  
Ver las estrategias de diseño resiliente por tipo de amenaza, a partir de pág.44.

**Edificio resiliente**

### Estrategias pasivas



**Forma**  
Orientar el edificio con las caras largas hacia el norte y el sur.

Incluir espacios internos, protegidos del viento, pero con alta radiación solar, como como patios cerrados, terrazas, solárium, etc. y espacios externos sombreados por medio de paredes operables.

Intentar construir edificios angostos para maximizar ventilación cruzada y con techos de baja pendiente.

Ubicar áreas de almacenamiento o menor uso en el lado del edificio donde inciden los vientos más fríos.

### Masa térmica

Utilizar construcción liviana y loza de concreto sobre el nivel de piso, debidamente selladas y con aislamiento para lograr acumular calor rápidamente en las mañanas. En climas fríos soleados, se recomienda piso con alta masa térmica que se caliente con calor por radiación y lo libera en las tardes/noches del invierno o más bien mantiene el frío de la noche durante los días de verano.



**Aislamiento térmico**  
Espacios debidamente sellados y con aislamiento en las paredes externas y techos.



### Protección Solar

Utilizar parasoles y aleros, para evitar sobrecalentamiento durante los meses calientes, con fachadas que se puedan abrir para aprovechar las brisas frescas y calentamiento pasivo por radiación durante el invierno.



Evitar sombrear la fachada norte (en hemisferio sur) y sur (en hemisferio norte) en ventanas intencionadas para calentamiento solar pasivo.

### Calentamiento Solar

Maximizar la cantidad de ventana en la cara asoleada (norte en el hemisferio sur, sur en hemisferio norte) para aprovechar la radiación solar para calentar el espacio durante el invierno, pero asegurarse de poder sombrearla durante el verano con un alero.



### Vidrios eficientes

Instalar ventanas con bajo SHGC en las orientaciones este, oeste y sur (en hemisferio sur) o este, oeste y norte (en hemisferio norte) pero alto en el lado asoleado (norte en el hemisferio sur, y sur en hemisferio norte) para maximizar la ganancia de calor pasiva.



Maximizar la entrada de sol en los espacios para aprovechar luz natural y calentamiento pasivo en invierno, incluyendo tragaluces para reducir el uso de energía para iluminación y aire acondicionado (Se recomienda 3% del área en zonas con poca nubosidad y 5% en zonas con mucha nubosidad).



**Ventilación natural**  
Orientar las ventanas hacia los vientos predominantes, manteniéndolas debidamente sombreadas, para garantizar buena ventilación, lo que puede reducir o eliminar el uso de aire acondicionado.



**Reflectancia Solar**  
Usar colores claros con alta reflectancia y emitancia en paredes exteriores y techos, para transmitir la mayor parte del calor por radiación fuera del edificio.



### Vegetación

Plantas, arboles, jardines verticales, especialmente del lado oeste, para resguardar la construcción y disminuir la ganancia de calor o impacto de vientos fríos o barreras acústicas.

**Edificio pasivo o bioclimático**

### Confort térmico

Medidas activas inciden el **22%**

Medidas pasivas inciden el **78%**



### Edificio eficiente en consumos de recursos

**Agua lluvia**  
Recolección y uso de agua lluvia.



**Consumo de agua eficiente**  
Utilizar griferías, duchas e inodoros de bajo consumo de agua.



### Iluminación eficiente

Sistema eléctrico con bombillas LED con fotosensores o sensores de movimiento.

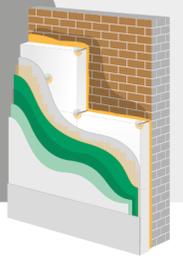


**Climatización**  
Sistema de enfriamiento y calefacción de alta eficiencia energética. Un sistema de recuperación de calor puede permitir precalentar el aire fresco antes de entrar al espacio durante el invierno y pre enfriarlo durante el verano



**Estrategias activas**

### Materiales



Materiales sostenibles, locales y de baja energía incorporada

**Edificio bajo en carbono**

**Energía renovable**

Utilizar Paneles solares u otro sistema de generación de energía en el sitio.

**Edificio bajo o nulo en energía y bajo en carbono.**

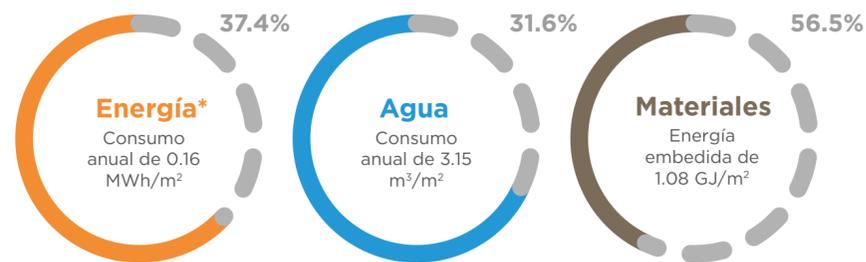
**FIN**

## Caso aplicado en climas cálidos (Zona 3)

En esta sección se presenta un set de medidas aplicado a infraestructura preescolar y escolar ubicada en varias ciudades de ALC con clima cálido. Los prototipos arquitectónicos de preescolar y escolar empleados a este efecto obedecen a los prototipos referenciales preestablecidos en esta guía. Acorde a las estrategias de diseño recomendadas para climas Cálidos, se seleccionaron características específicas y valores técnicos referenciales que de forma integral permiten demostrar el cumplimiento del estándar de certificación verde EDGE generando ahorros superiores al 20% de recursos energéticos e hídricos.

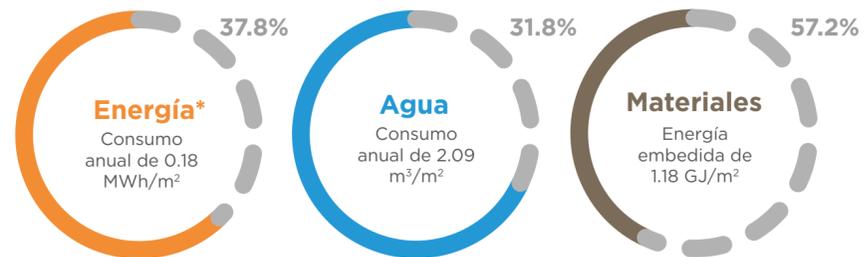
### Resultados promedio - Zona climática 0

#### Colegio



#### Preescolar

Ahorro contra caso base EDGE



Rango Promedio

<b>Resultado de costo-beneficio</b>	Aumento de inversión inicial (%)	0.20 - 0.92	0.57
	Retorno de la inversión (año)	0.10 - 2.40	0.62

\* Estos resultados no consideran energía renovable. En caso de incorporarlo, los ahorros estimados serían superiores, acercándose o superando el 40%, que puede corresponder a un EDGE Advanced.

**1**

**Forma**  
Rectangular angosta con las caras largas hacia el norte y el sur

**Calentamiento Solar**  
Parasoles y aletas según orientación

**Aislamiento térmico**  
Valor U  
Paredes 0.57 W/m<sup>2</sup>×K  
Cubierta 0.63 W/m<sup>2</sup>×K  
Piso 0.49 W/m<sup>2</sup>×K

**Masa térmica**  
Mampostería de bloque hueco de concreto

**Vegetación**  
Jardines arbolados con especies nativas.

**Reflectancia Solar**  
Colores claros en cubierta y paredes exteriores SRI > 85

**Ventilación natural**  
Orientación de ventanas hacia vientos predominantes ventilación cruzada

**Vidrios eficientes**  
Vidrio laminado simple U 3.69 W/m<sup>2</sup>×K, SHGC 0.5 WWR 40%

**Climatización**  
Expansión directa EER 11.2 IEER 11.5 apagado automático o ajuste de temperatura

**Iluminación eficiente**  
Interior máximo 8 W/m<sup>2</sup> Mínimo 100 lum/W Exterior máximo 0.83 W/m<sup>2</sup>

**Consumo de agua eficiente**  
Grifería <2 litros/minuto Inodoros <4.8 litros/descarga Fregadero < 6 litros/minuto \*no requiere agua caliente

**3**

**Materiales**  
Bloques huecos de concreto de peso medio. Losa de concreto armado Acabado de piso cerámico cubierta metálica (transporte local)

**4**

**Energía renovable**  
25% de demanda para Infraestructura escolar  
-500 m<sup>2</sup> 4kWp  
-3000 m<sup>2</sup> 15kWp

**Edificio bajo o nulo en energía y bajo en carbono**

● 1. Estrategias pasivas ● 2. Estrategias activas ● 3. Materiales ● 4. Energía renovable

## Fichas de diseño para climas mixtos: húmedos (A), secos (B) y marítimo (C)

En promedio la infraestructura escolar emplazada en este tipo de clima logra mantener únicamente el nivel de confort incorporando medidas pasivas en el diseño arquitectónico durante el 54% de las horas de funcionamiento (estimado entre 7 am y 5 pm). El restante 46% de las horas requiere la incorporación de medidas activas, como, por ejemplo, el uso de ventiladores de techo y sistemas de aire acondicionado con desempeño energético eficiente.

La siguiente infografía permite guiar la toma de decisiones en la selección prioritaria de estrategias de diseño, enlistadas de acuerdo al impacto en el desempeño del edificio, partiendo desde la selección integral de medidas pasivas, como elementos arquitectónicos de protección o calentamiento solar para prevenir el sobrecalentamiento de los espacios, entre otras indicadas, y continuando con la selección de medidas activas que a través del uso de equipos de climatización con alta eficiencia energética permitan reducir la demanda de energía.

Adicionalmente se propone el uso de sistemas de generación de energía renovable para aumentar la autonomía energética de la infraestructura escolar. En miras hacia una transición verde y la descarbonización del sector de la construcción se recomienda la incorporación de materiales bajos en carbono.



## INICIO

### Estrategias de adaptación



#### Diseño resiliente

Ver las estrategias de diseño resiliente por tipo de amenaza, a partir de pág.44.



### Estrategias pasivas



#### Forma

Orientar el edificio con las caras largas hacia el norte y el sur.

Diseñar edificios compactos, de múltiples pisos y con techos con baja pendiente puede ayudar a minimizar la pérdida de calor durante el invierno. Incluir espacios internos, protegidos del viento, pero con alta radiación solar como, patios cerrados, terrazas, solárium, etc.

Maximizar la entrada de sol en los espacios para aprovechar luz natural y calentamiento. Dimensionar el edificio adecuadamente, para no acondicionar espacios que no se usan en su totalidad. Ubicar áreas de almacenamiento en el lado del edificio donde inciden los vientos más fríos

Evitar sombrear la fachada norte (en hemisferio sur) o sur (en hemisferio norte) en ventanas intencionadas para calentamiento solar pasivo.

#### Calentamiento Solar

Maximizar la entrada del sol y la cantidad de ventanas, especialmente en la cara asoleada (norte en el hemisferio sur, sur en hemisferio norte) para aprovechar la radiación solar para calentar el espacio durante el invierno.



Instalación de tragaluces para reducir el uso de energía para iluminación y aire acondicionado. Se recomienda 3% del área en zonas con poca nubosidad y 5% en zonas con mucha nubosidad

Instalar ventanas con bajo SHGC en las orientaciones este, oeste y sur (en hemisferio sur) o este, oeste y norte (en hemisferio norte) pero alto en el lado asoleado (norte en el hemisferio sur, y sur en hemisferio norte) para maximizar la ganancia de calor pasiva.

#### Vidrios eficientes

Maximizar la cantidad de ventana en la cara asoleada (norte en el hemisferio sur, sur en hemisferio norte) para aprovechar la radiación solar para calentar el espacio durante el invierno.



#### Aislamiento térmico

Mantener los espacios debidamente sellados y con aislamiento en las paredes externas y techos, lo que ayuda a mantener la temperatura interna más uniforme e incrementar el confort de los usuarios.



#### Masa térmica

En climas fríos con mucha nubosidad se recomienda estructuras livianas con buen aislamiento. En climas fríos soleados, se recomienda piso con alta masa térmica que se caliente con calor por radiación y lo libera en las tardes/noches del invierno o más bien mantiene el frío de la noche durante los días de verano.



#### Protección Solar

Utilizar parasoles y aleros, para evitar sobrecalentamiento durante los meses calientes, especialmente en fachadas oeste.



#### Ventilación natural

Ventilación natural selectiva permitirá la renovación de aire siempre y cuando se eviten enfriamientos excesivos y pérdida de calor.



#### Reflectancia Solar

Usar colores opacos u oscuros en paredes exteriores y techos para acumular la mayor parte del calor por radiación fuera del edificio.



#### Vegetación

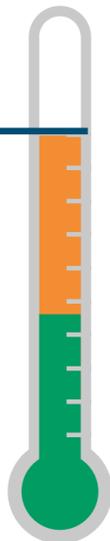
Plantas, árboles, jardines verticales, especialmente del lado oeste, para resguardar la construcción y disminuir la ganancia de calor o impacto de vientos fríos o barreras acústicas.

### Edificio pasivo o bioclimático

#### Confort térmico

Medidas activas inciden el **54%**

Medidas pasivas inciden el **46%**



### Edificio eficiente en consumos de recursos

**Agua lluvia**  
Recolección y uso de agua lluvia.



#### Consumo de agua eficiente

Utilizar griferías, duchas e inodoros de bajo consumo de agua y sistema de agua caliente eficiente.



#### Iluminación eficiente

Sistema eléctrico con bombillas LED con fotosensores o sensores de movimiento.



#### Climatización

Calentadores de alta eficiencia generalmente resulta en una solución costo efectiva.



### Estrategias activas



### Materiales



Materiales sostenibles, locales y de baja energía incorporada.

**Edificio bajo en carbono**

### Energía renovable



Utilizar Paneles solares u otro sistema de generación de energía en el sitio.

**Edificio bajo o nulo en energía y bajo en carbono.**

## FIN

## Fichas de diseño para climas fresco-templados: húmedos (A), secos (B) y marítimos(C)

En promedio la infraestructura escolar emplazada en este tipo de clima logra mantener el nivel de confort incorporando medidas pasivas en el diseño arquitectónico durante el 54% de las horas de funcionamiento (estimado entre 7 am y 5 pm). El restante 46% de las horas requiere la incorporación de medidas activas, como, por ejemplo, el uso de ventiladores de techo y sistemas de aire acondicionado con desempeño energético eficiente.

La siguiente infografía permite guiar la toma de decisiones en la selección prioritaria de estrategias de diseño, enlistadas de acuerdo al impacto en el desempeño del edificio, partiendo desde la selección integral de medidas pasivas, como elementos arquitectónicos de calentamiento solar para prevenir el sobrecalentamiento de los espacios, entre otras indicadas, y continuando con la selección de medidas activas que a través del uso de equipos de climatización con alta eficiencia energética permitan reducir la demanda de energía.

Adicionalmente se propone el uso de sistemas de generación de energía renovable para aumentar la autonomía energética de la infraestructura escolar. En miras hacia una transición verde y la descarbonización del sector de la construcción se recomienda la incorporación de materiales bajos en carbono.



## INICIO

### Estrategias de adaptación



#### Diseño resiliente

Ver las estrategias de diseño resiliente por tipo de amenaza, a partir de pág.44.



### Estrategias pasivas



**Forma**  
Orientar el edificio con las caras largas hacia el norte y el sur.

Diseñar edificios compactos, de múltiples pisos puede ayudar a minimizar la pérdida de calor durante el invierno. Incluir espacios internos, protegidos del viento, pero con alta radiación solar como, patios cerrados, terrazas, solárium, etc.

Maximizar la entrada de sol en los espacios para aprovechar luz natural y calentamiento pasivo en invierno.

Dimensionar el edificio adecuadamente, para no acondicionar espacios que no se usan en su totalidad. Techos con pendiente alta y ático ventilado, sobre un cielo raso con aislamiento térmico.

Ubicar áreas de almacenamiento en el lado del edificio donde inciden los vientos más fríos

En climas fríos soleados, se recomienda piso con alta masa térmica que se calienta con calor por radiación y lo libera en las tardes/noches del invierno o más bien mantiene el frío de la noche durante los días de verano.

#### Masa térmica

En climas fríos con mucha nubosidad se recomienda estructuras livianas con buen aislamiento.



Techos con pendiente alta y ventilado sobre un cielo con aislamiento ayudan a mantener temperatura interna uniforme.

#### Aislamiento térmico

Mantener los espacios debidamente sellados y con aislamiento en las paredes externas y techos, lo que ayuda a mantener la temperatura interna más uniforme e incrementar el confort de los usuarios.



Instalar tragaluzes para reducir el uso de energía para iluminación y aire acondicionado. Se recomienda 3% del área en zonas con poca nubosidad y 5% en zonas con mucha nubosidad.

#### Vidrios eficientes

Instalar ventanas con bajo SHGC en las orientaciones este, oeste y sur (en hemisferio sur) o este, oeste y norte (en hemisferio norte) pero alto en el lado asoleado (norte en el hemisferio sur, y sur en hemisferio norte) para maximizar la ganancia de calor pasiva.



Usar vestíbulos de entrada para disminuir infiltraciones o corrientes de aire frío en áreas ventosas



#### Calentamiento Solar

Maximizar la cantidad de ventana en la cara asoleada (norte en el hemisferio sur, sur en hemisferio norte) para aprovechar la radiación solar para calentar el espacio durante el invierno.

Evitar sombrear la fachada norte (en hemisferio sur) o sur (en hemisferio norte) en ventanas intencionadas para calentamiento solar pasivo.



#### Ventilación natural

Ventilación natural selectiva permitirá la renovación de aire siempre y cuando se eviten enfriamientos excesivos y pérdida de calor.



#### Reflectancia Solar

Usar colores opacos en paredes exteriores y techos para acumular la mayor parte del calor por radiación fuera del edificio.



#### Vegetación

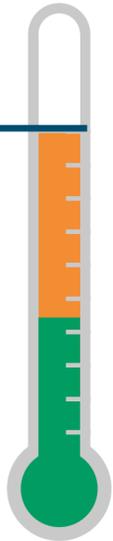
Utilizar vegetación densa o algún otro elemento exterior para proteger las estructuras de los vientos fríos del invierno.



### Confort térmico

Medidas activas inciden el **54%**

Medidas pasivas inciden el **46%**



### Edificio eficiente en consumos de recursos

**Agua lluvia**  
Recolección y uso de agua lluvia.



### Consumo de agua eficiente

Utilizar griferías, duchas e inodoros de bajo consumo de agua y sistema de agua caliente eficiente.



### Iluminación eficiente

Sistema eléctrico con bombillas LED con fotosensores o sensores de movimiento.



### Climatización

Calentadores de alta eficiencia generalmente resulta en una solución costo efectiva.



### Estrategias activas



### Materiales



Materiales sostenibles, locales y de baja energía incorporada

**Edificio bajo en carbono**

### Energía renovable



Utilizar Paneles solares u otro sistema de generación de energía en el sitio.

**Edificio bajo o nulo en energía y bajo en carbono.**

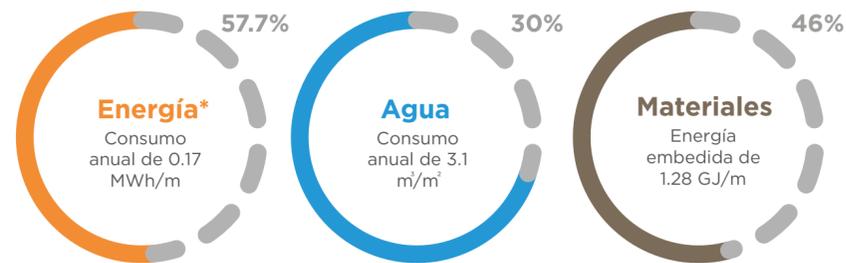
## FIN

## Caso aplicado en climas fresco-templado (Zona 5)

En esta sección se presenta un set de medidas aplicado a infraestructura preescolar y escolar ubicada en varias ciudades de ALC con clima fresco-templado. Los prototipos arquitectónicos de preescolar y escolar empleados a este efecto obedecen a los prototipos referenciales preestablecidos en esta guía. Acorde a las estrategias de diseño recomendadas para climas Fresco-Templado, se seleccionaron características específicas y valores técnicos referenciales que de forma integral permiten demostrar el cumplimiento del estándar de certificación verde EDGE generando ahorros superiores al 20% de recursos energéticos e hídricos.

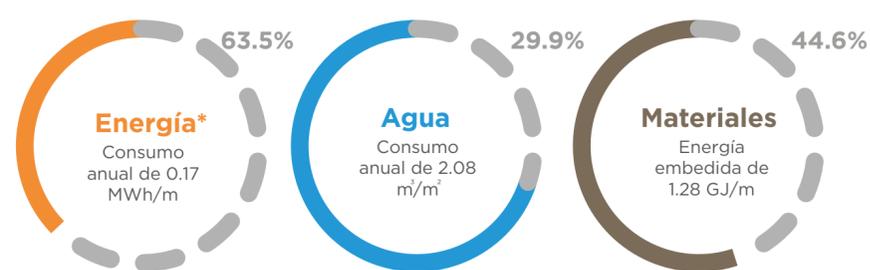
### Resultados promedio - Zona climática 0

#### Colegio



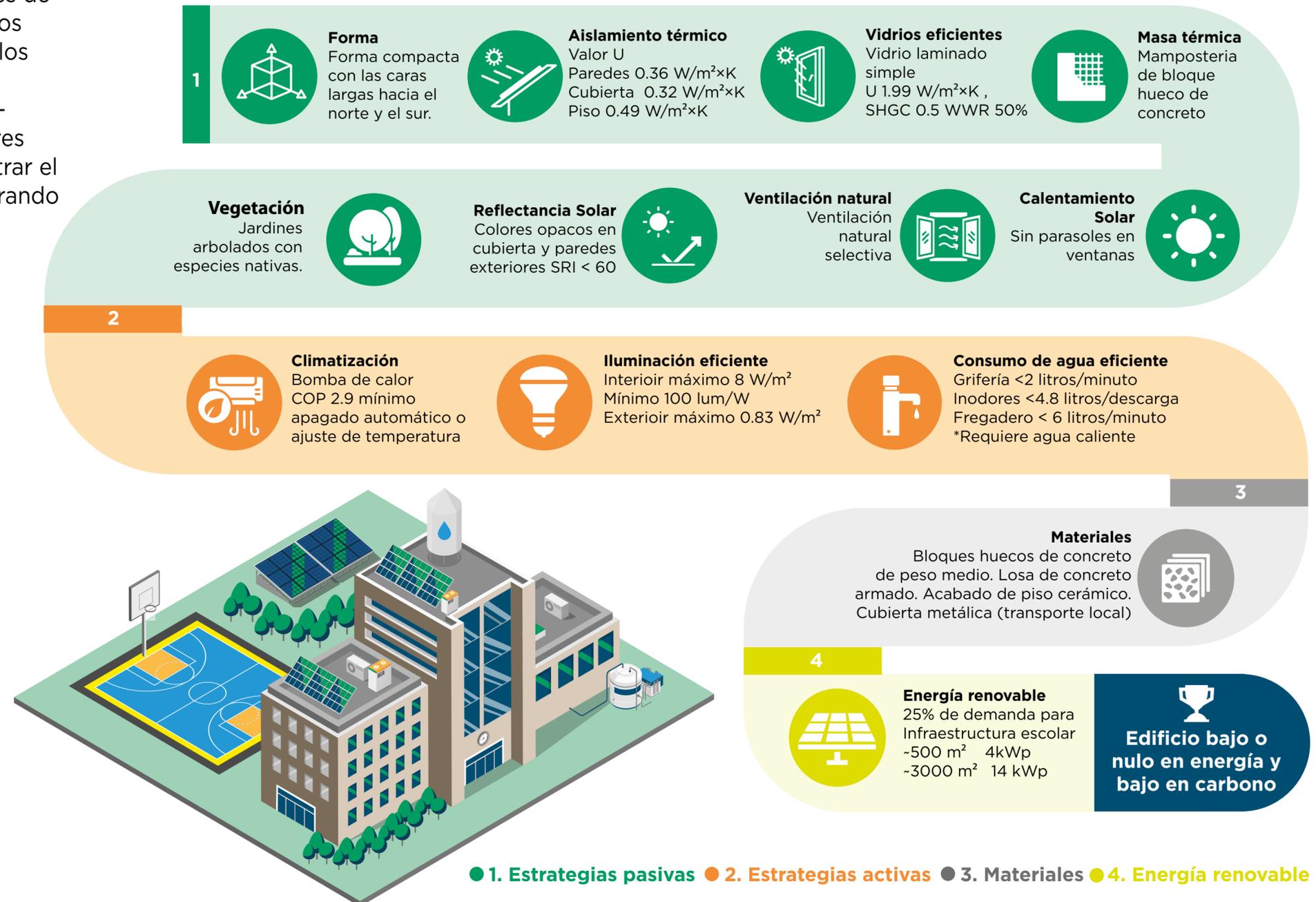
#### Preescolar

Ahorro contra caso base EDGE



		Rango	Promedio
Resultado de costo-beneficio	Aumento de inversión inicial (%)	1.05 - 2.51	1.50
	Retorno de la inversión (año)	0.40 - 0.60	0.57

\* Estos resultados no consideran energía renovable. En caso de incorporarlo, los ahorros estimados serían superiores, acercándose o superando el 40%, que puede corresponder a un EDGE Advanced.



### Fichas de diseño para climas fríos: húmedos (A) y secos (B)

En promedio la infraestructura escolar emplazada en este tipo de clima logra mantener el nivel de confort incorporando medidas pasivas en el diseño arquitectónico únicamente durante el 26% de las horas de funcionamiento (estimado entre 7 am y 5 pm). El restante 74% del tiempo requiere la incorporación de medidas activas, como, por ejemplo, calentadores de alta eficiencia.

La siguiente infografía permite guiar la toma de decisiones en la selección prioritaria de estrategias de diseño, enlistadas de acuerdo al impacto en el desempeño del edificio, partiendo desde la selección integral de medidas pasivas, como elementos arquitectónicos de calentamiento solar para prevenir el sobrecalentamiento de los espacios, entre otras indicadas, y continuando con la selección de medidas activas que a través del uso de equipos de climatización con alta eficiencia energética permitan reducir la demanda de energía.

Adicionalmente se propone el uso de sistemas de generación de energía renovable para aumentar la autonomía energética de la infraestructura escolar. En miras hacia una transición verde y la descarbonización del sector de la construcción se recomienda la incorporación de materiales bajos en carbono.



## INICIO

### Estrategias de adaptación



**Diseño resiliente**  
Ver las estrategias de diseño resiliente por tipo de amenaza, a partir de pág.44.

**Edificio resiliente**

### Estrategias pasivas



#### Forma

Orientar el edificio con las caras largas hacia el norte y el sur. Diseñar edificios compactos, de múltiples pisos puede ayudar a minimizar la pérdida de calor durante el invierno.

Incluir espacios internos, protegidos del viento, pero con alta radiación solar como, patios cerrados, terrazas, solárium, etc. Maximizar la entrada de sol en los espacios para aprovechar luz natural y calentamiento pasivo en invierno

Dimensionar el edificio adecuadamente, para no acondicionar espacios que no se usan en su totalidad. Techos con pendiente alta y ático ventilado, sobre un cielo raso con aislamiento térmico.

En climas fríos soleados, se recomienda piso con alta masa térmica que se caliente con calor por radiación y lo libera en las tardes/noches del invierno o más bien mantiene el frío de la noche durante los días de verano.

#### Masa térmica

Intentar construir estructuras livianas, debidamente selladas y con aislamiento para lograr acumular calor rápidamente en las mañanas.



Techos con pendiente alta y ventilado sobre un cielo con aislamiento ayudan a mantener temperatura interna uniforme.

#### Aislamiento térmico

Mantener los espacios debidamente sellados y con aislamiento en las paredes externas y techos, lo que ayuda a mantener la temperatura interna más uniforme e incrementar el confort de los usuarios.



Instalar tragaluces para reducir el uso de energía para iluminación y aire acondicionado. Se recomienda 3% del área en zonas con poca nubosidad y 5% en zonas con mucha nubosidad.

#### Vidrios eficientes

Instalar ventanas con bajo SHGC en las orientaciones este, oeste y sur (en hemisferio sur) o este, oeste y norte (en hemisferio norte) pero alto en el lado asoleado (norte en el hemisferio sur, y sur en hemisferio norte) para maximizar la ganancia de calor pasiva.



Ubicar áreas de almacenamiento en el lado del edificio donde inciden los vientos más fríos. Usar vestíbulos de entrada para disminuir infiltraciones o corrientes de aire frío en áreas ventosas.



#### Vegetación

Utilizar vegetación densa o algún otro elemento exterior para proteger las estructuras de los vientos fríos del invierno.



#### Calentamiento Solar

Buscar durante el diseño interno maximizar la entrada de sol en los espacios para aprovechar luz natural y calentamiento pasivo en invierno.

Evitar sombrear la fachada norte (en hemisferio sur) o sur (en hemisferio norte) en ventanas intencionadas para calentamiento solar pasivo.



#### Ventilación natural

Ventilación natural selectiva permitirá la renovación de aire siempre y cuando se eviten enfriamientos excesivos y pérdida de calor.



#### Reflectancia Solar

Usar colores opacos en paredes exteriores y techos para acumular la mayor parte del calor por radiación fuera del edificio

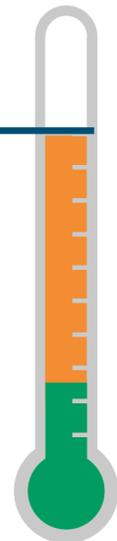


**Edificio pasivo o bioclimático**

#### Confort térmico

Medidas activas inciden el **74%**

Medidas pasivas inciden el **26%**



**Edificio eficiente en consumos de recursos**

#### Agua lluvia

Recolección y uso de agua lluvia.



#### Consumo de agua eficiente

Utilizar griferías, duchas e inodoros de bajo consumo de agua y sistema de agua caliente eficiente.



#### Iluminación eficiente

Sistema eléctrico con bombillas LED con fotosensores o sensores de movimiento.

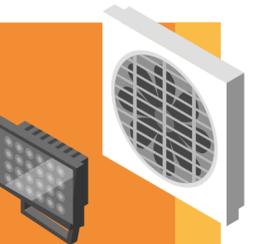


#### Climatización

Calentadores de alta eficiencia generalmente resulta en una solución costo efectiva.



**Estrategias activas**



#### Materiales



Materiales sostenibles, locales y de baja energía incorporada.

**Edificio bajo en carbono**

#### Energía renovable



Utilizar Paneles solares u otro sistema de generación de energía en el sitio.

**Edificio bajo o nulo en energía y bajo en carbono.**

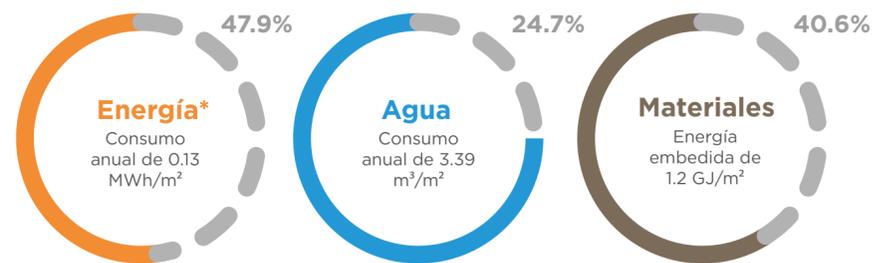
**FIN**

## Caso aplicado en climas frío (Zona 6)

En esta sección se presenta un set de medidas aplicado a infraestructura preescolar y escolar ubicada en varias ciudades de ALC con clima frío. Los prototipos arquitectónicos de preescolar y escolar empleados a este efecto obedecen a los prototipos referenciales preestablecidos en esta guía. Acorde a las estrategias de diseño recomendadas para climas Frío, se seleccionaron características específicas y valores técnicos referenciales que de forma integral permiten demostrar el cumplimiento del estándar de certificación verde EDGE generando ahorros superiores al 20% de recursos energéticos e hídricos.

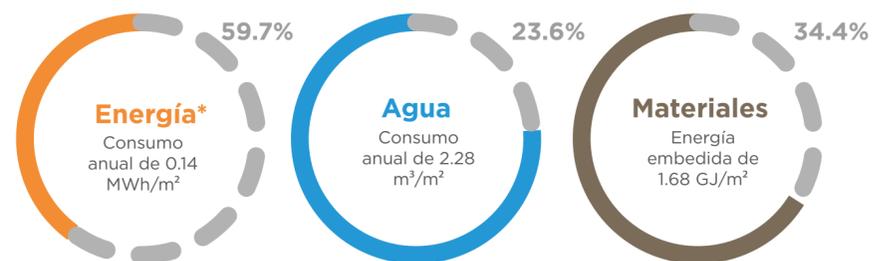
### Resultados promedio - Zona climática 0

#### Colegio



#### Preescolar

Ahorro contra caso base EDGE



Rango Promedio

Resultado de costo-beneficio	Indicador	Rango	Promedio
Resultado de costo-beneficio	Aumento de inversión inicial (%)	0.68 - 0.84	0.76
	Retorno de la inversión (año)	0.30 - 0.70	0.50

\* Estos resultados no consideran energía renovable. En caso de incorporarlo, los ahorros estimados serían superiores, acercándose o superando el 40%, que puede corresponder a un EDGE Advanced.

**1**

**Forma**  
Forma compacta con las caras largas hacia el norte y el sur.

**Vidrios eficientes**  
Vidrio laminado simple  
U 1.99 W/m²×K ,  
SHGC 0.5 WWR 50%

**Aislamiento térmico**  
Valor U  
Paredes 0.36 W/m²×K  
Cubierta 0.32 W/m²×K  
Piso 0.49 W/m²×K

**Masa térmica**  
Mampostería de bloque hueco de concreto

**Reflectancia Solar**  
Colores opacos en cubierta y paredes exteriores SRI < 60

**Ventilación natural**  
Ventilación natural selectiva

**Calentamiento Solar**  
Sin parasoles en ventanas

**Vegetación**  
Jardines arbolados con especies nativas.

**2**

**Climatización**  
Bomba de calor COP 2.9 mínimo apagado automático o ajuste de temperatura

**Iluminación eficiente**  
Interior máximo 8 W/m²  
Mínimo 100 lum/W  
Exterior máximo 0.83 W/m²

**Consumo de agua eficiente**  
**Grifería <2 litros/minuto**  
Inodores <4.8 litros/descarga  
Fregadero < 6 litros/minuto  
\*requiere agua caliente

**3**

**Materiales**  
Bloques huecos de concreto de peso medio. Losa de concreto armado. Acabado de piso cerámico. Cubierta metálica (transporte local)

**4**

**Energía renovable**  
25% de demanda para Infraestructura escolar  
-500 m² 5kWp  
-3000 m² 20kWp

**Edificio bajo o nulo en energía y bajo en carbono**

● 1. Estrategias pasivas ● 2. Estrategias activas ● 3. Materiales ● 4. Energía renovable

Para intervenciones de ampliación o rehabilitación, se recomienda consultar la ficha correspondiente a la zona climática donde se inserte el proyecto, analizando las condiciones ambientales locales, el entorno construido y las amenazas climáticas para guiar la toma de decisiones para la fase de diseño. No se podrá intervenir sobre todos los aspectos incluidos en las fichas, pero será posible identificar acciones puntuales que pueden ser incorporadas, priorizando las medidas que tengan un mayor impacto con un menor costo de implementación según el alcance de la rehabilitación.

Es importante considerar que la reutilización o rehabilitación de infraestructura existente es una estrategia con la que se logra una reducción importante en los impactos ambientales, ya que la mayor parte huella que representa una construcción, generada por el movimiento de tierras, las fundaciones y la estructuras, ya fue realizada anteriormente por los que se reducen considerablemente las emisiones de carbono, consumo de agua potable y extracción de materiales vírgenes, teniendo una mejora significativa en el ciclo de vida de la edificación.

Se estima que, al rehabilitar infraestructura existente preservando al menos la estructura portante y fundaciones, se logra una disminución de al menos un 50% de las emisiones GEI asociadas <sup>[26]</sup>.



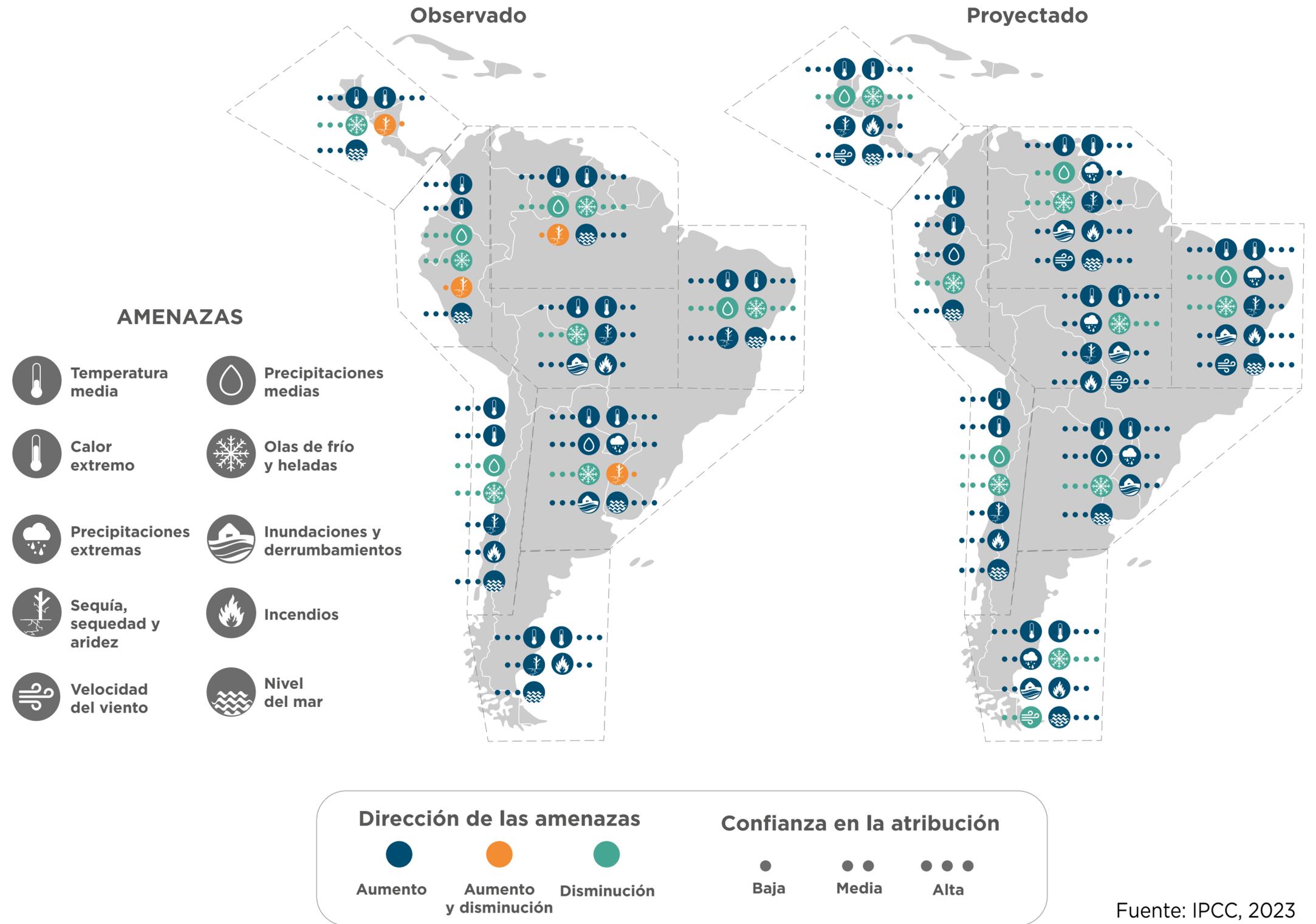


# Estrategias de diseño resiliente por tipo de amenaza

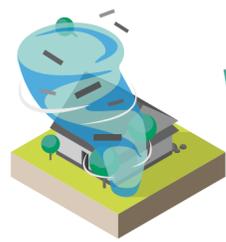
A continuación, se presentan una serie de estrategias de adaptación <sup>[27]</sup> que permiten fortalecer la resiliencia de la infraestructura escolar frente a las 3 categorías principales de amenazas generadas por los impactos del cambio climático: viento, agua y fuego.

Estudios señalan que adaptarse a códigos de construcción de riesgo frente a amenazas de viento, agua, fuego o de tipo geológico puede ahorrar aproximadamente 11 USD por cada 1 USD invertido. En el caso de rehabilitaciones de infraestructura existente el ahorro ronda alrededor de los 4 USD por cada 1 USD [28].

El IPCC en su sexto reporte (2023) muestra tendencias crecientes de cambio y variabilidad climática y eventos extremos que afectan gravemente ALC. Las proyecciones climáticas indican aumentos de temperatura para toda la región, pero los cambios en las precipitaciones variarán geográficamente, con una notable reducción. Existe certeza que las olas de calor aumentarán en frecuencia, intensidad y duración. Por tanto, a medida que se prevén cambios del clima o de los patrones de desastres naturales, los estándares de diseño deben prever estrategias que permitan prevenir y mitigar sus efectos a fin de fortalecer su resiliencia a lo largo del ciclo de vida. La incorporación de estas estrategias no solo permitirá garantizar la continuidad en la provisión del servicio educativo, sino también servirán como instrumentos de gestión de recursos ambientales y económicos durante el ciclo de vida de los proyectos.



Fuente: IPCC, 2023

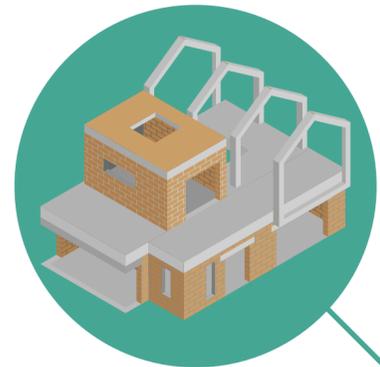


# VIENTO

**Tormentas incluyendo huracanes, tornados, ráfaga de viento.**

Las tormentas pueden ser de larga duración mientras que los tornados y las ráfagas de viento son de corta duración.

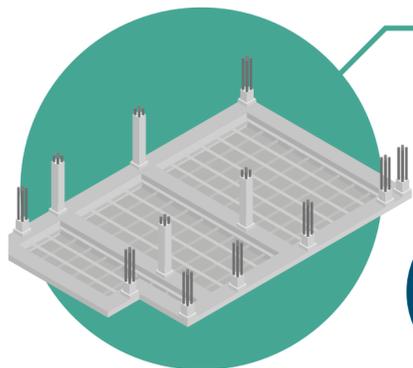
## Criterios de Resiliencia



Estructura de techo que cumpla con código local o resiste vientos de 290 km/h.



Estructura de concreto reforzado con acero: El diseño debe cumplir con el código local más reciente o para cumplir vientos de 290 km/h. Puede ser concreto colado o block.



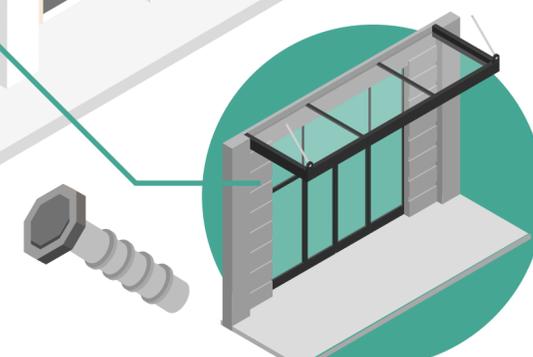
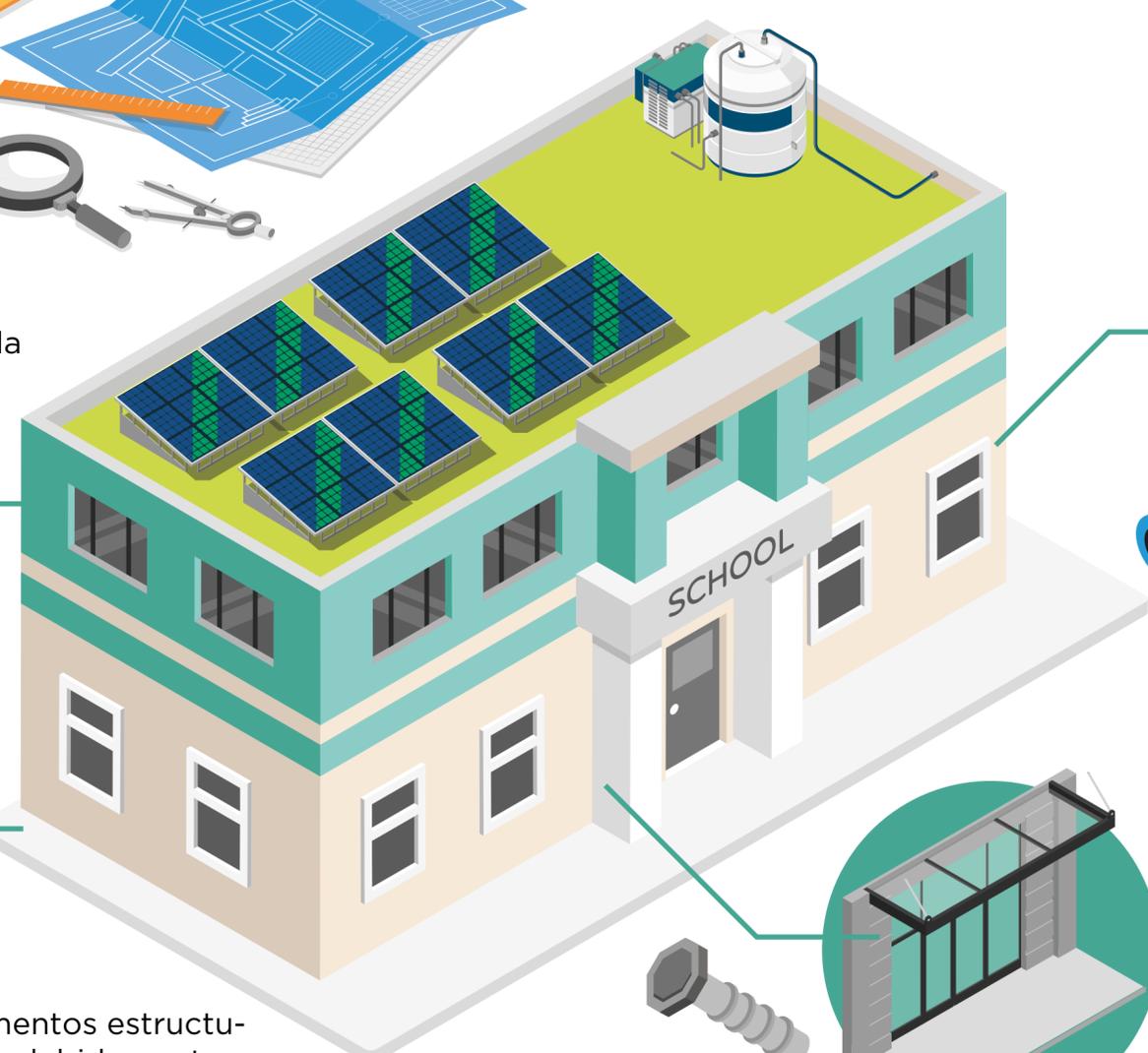
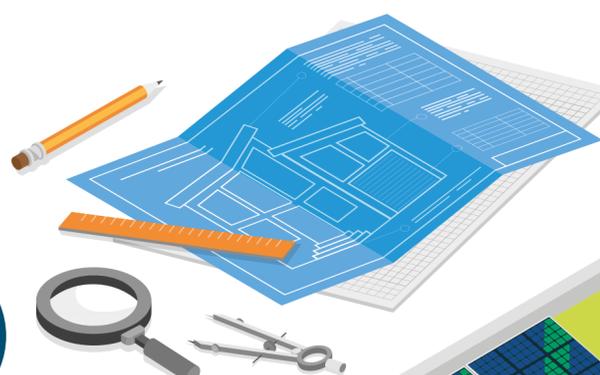
Elementos estructurales debidamente unidos entre sí. Ej. techo, columnas, vigas y fundaciones.



Revisión de diseño y construcción. El diseño es revisado y aprobado para garantizar que cumple con el código local vigente. El proceso de construcción es inspeccionado por un ingeniero estructural durante las etapas claves y brinda sus reportes del proceso y aprobación.

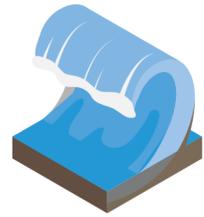


Especificación de aperturas cumplen con el nivel de viento. Todas las ventanas, parasoles, puertas, tragaluces, 'shutters', etc. resisten vientos e impactos de 290 km/h.



Elementos exteriores debidamente anclados. Todos los equipos de HVAC, paneles solares, decoración de fachada, etc. están debidamente anclados a la fachada, fundaciones o la tierra.





# AGUA

Criterios de Resiliencia

## Inundación (repentina, urbana o ríos o lagos)

Resultado de alta precipitación, o en áreas costeras, el aumento del nivel del mar por el hielo derritiéndose y/o expansión de aguas tibias.

## Marejada ciclónica

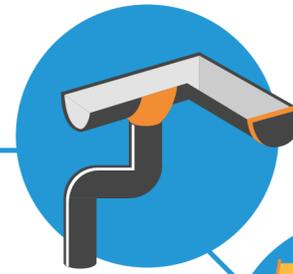
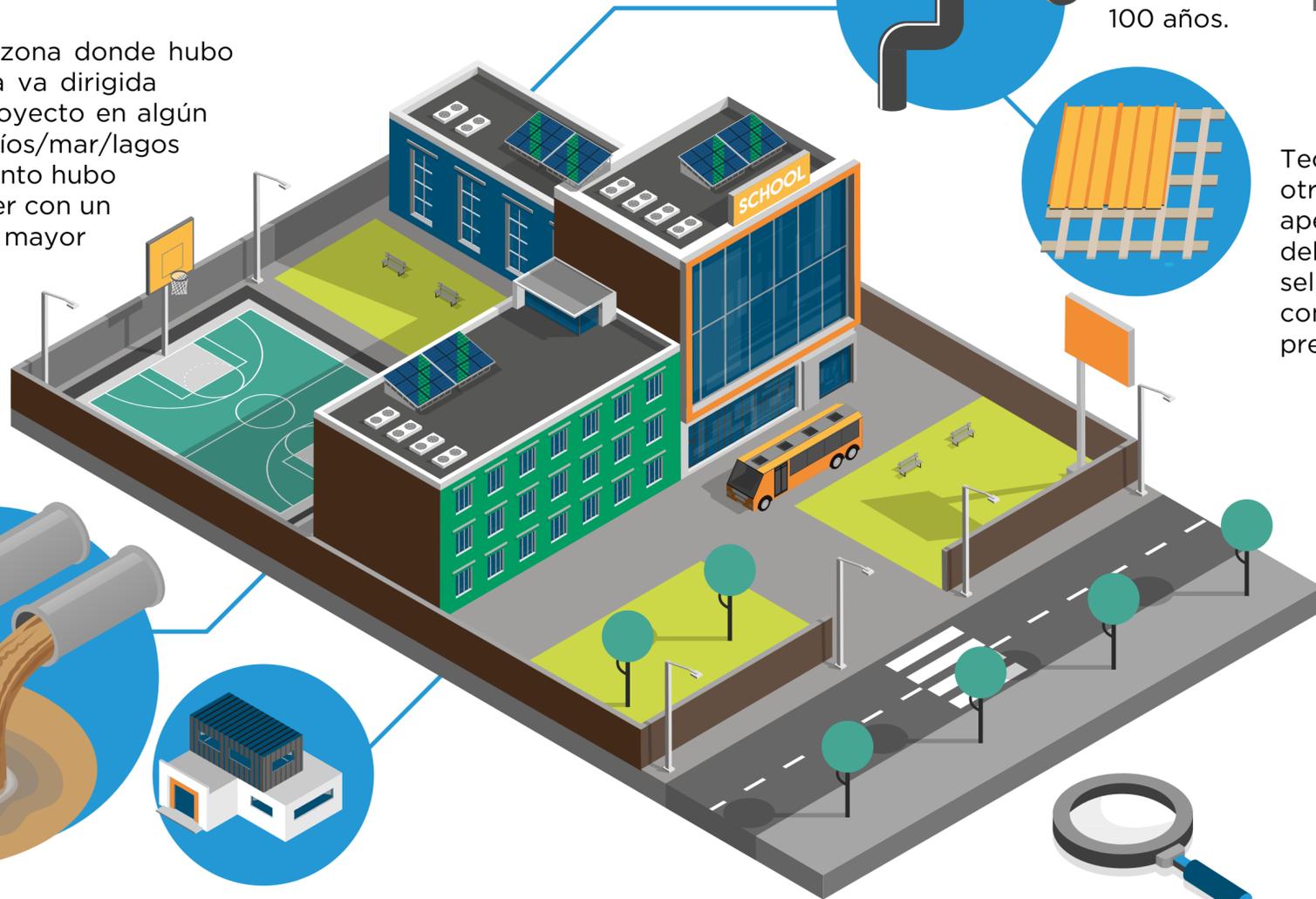
Puede suceder con las tormentas y empeora con el aumento del nivel del mar.



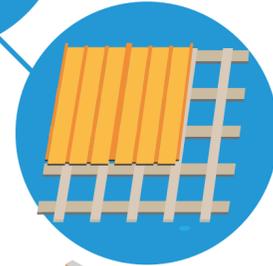
No ubicar el proyecto en una zona donde hubo agua en el pasado. La medida va dirigida básicamente a no ubicar un proyecto en algún relleno, ya sea en humedales, ríos/mar/lagos o riachuelos. Si en algún momento hubo agua ahí, puede volver a suceder con un cambio de nivel o precipitación mayor de lo normal.



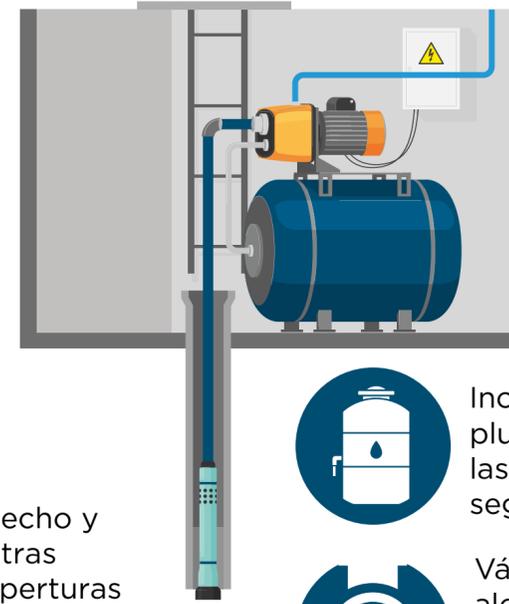
No ubicar el proyecto en la parte baja de un valle. Si el drenaje de un valle es obstruido por alguna razón, lo primero que se inunda es el punto más bajo de este.



Diseñar drenajes de techo para la tormenta de 100 años.



Techo y otras aperturas debidamente selladas contra la precipitación.



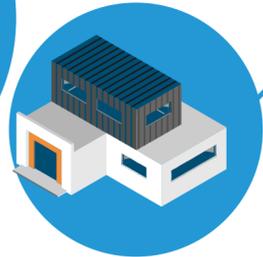
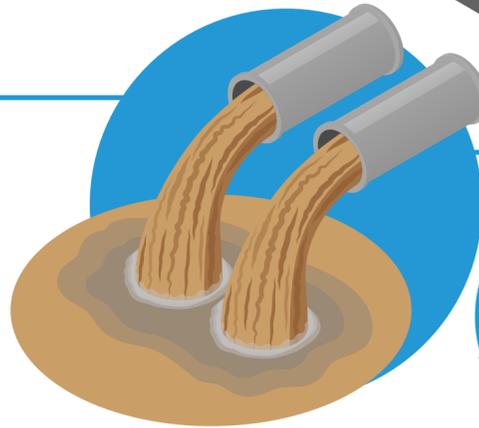
Equipo electromecánico y áreas ocupadas al menos 3-5 m sobre el nivel del río/lago/mar más cercano. La altura se define con respecto al nivel de riesgo tolerable y/o información histórica disponible.



Incluir sistemas de retención de aguas pluviales. Diseñar tales sistemas para las tormentas de 200 o de 100 años según nivel de riesgo.



Válvulas de no retorno en alcantarillado. Si el proyecto está a menos de 5 metros sobre el nivel de un río/lago/mar, instalar válvulas de no retorno en las tuberías de alcantarillado pluvial y sanitario para evitar que estas puedan salirse durante inundaciones.



Asegurarse que más del 60% del terreno alrededor del proyecto drene hacia afuera de la propiedad.



Planta abierta en nivel 1 y con resistencia a objetos flotantes. De esta forma se logra que el agua drene en caso de inundación y no se dañe en caso de impacto por algún objeto.



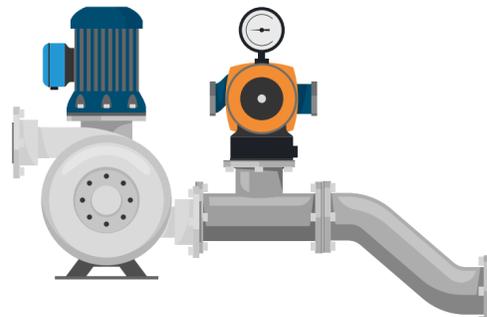
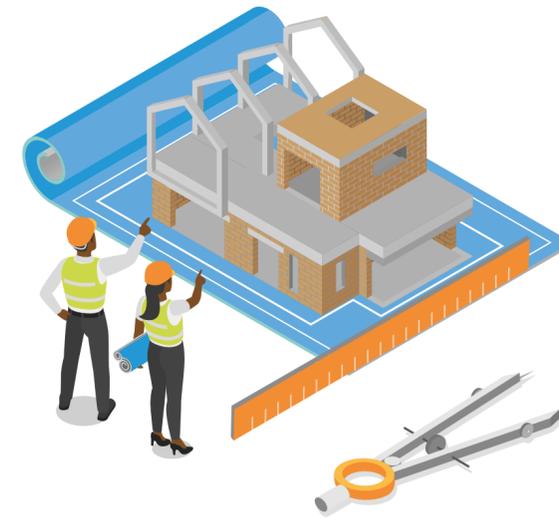
Revisión de diseño y construcción. El diseño es revisado y aprobado para garantizar que cumple con el código local vigente.

El proceso de construcción es inspeccionado por un ingeniero estructural durante las etapas claves y brinda sus reportes del proceso y aprobación.



Superficies permeables en el sitio. Utilizar superficies permeables en al menos 80% del sitio para lograr que el agua se infiltre y no aumentar la escorrentía.

Materiales resistentes al agua. Instalar materiales que resisten estar en contacto con agua en las áreas propensas a inundaciones, para lograr un rápido secado y evitar moho o cualquier otro daño.





# FUEGO

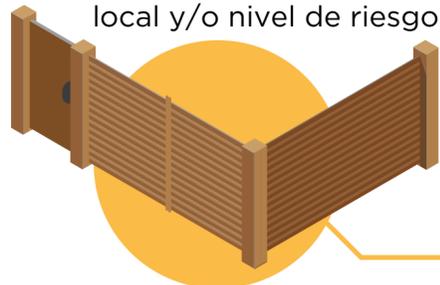
## Incendio forestal o local

Climas más calientes y secos contribuyen a temporadas de incendios más largas y activas<sup>[29]</sup>

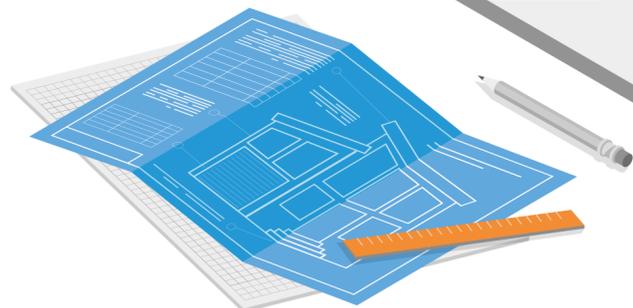
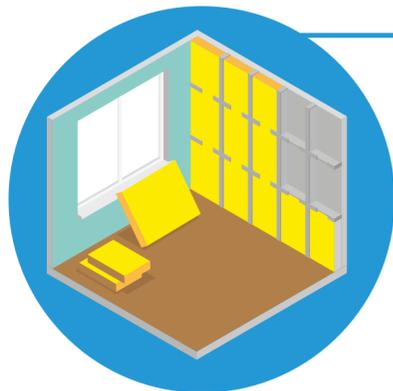
### Criterios de Resiliencia



Perímetro de defensa de 5-10 metros. Incluir un perímetro a todos los alrededores de la obra libre de materiales inflamables y debidamente mantenido. Distancia depende del código local y/o nivel de riesgo.



Paredes cortafuego en ruta de evacuación. Incluir paredes cortafuego que permite detener el avance del fuego y lograr que la gente pueda evacuar. Diseño según código local.



Ubicar el proyecto al menos a 1.5km de cualquier bosque con vegetación densa. Si está en un bosque, que la pendiente sea menor a 15 grados. Los incendios forestales tienen a avanzar más rápido hacia arriba.



Materiales retardantes al fuego de 0.5-3 horas. Usar materiales resistentes al fuego según requisito del código local o la NFPA para estructura, paredes exteriores y techo. Tiempo de retardo depende del nivel de riesgo y/o regulación local.



Ventanas de más de 1m2 con vidrio temperado. Usar ventanas con vidrio temperado y con al menos 1 hora de retardo al fuego. Puertas y ruta de evacuación con al menos 1-2 horas de retardo al fuego. Tiempo de retardo depende del nivel de riesgo y/o regulación local.



Equipo y conexiones a servicios resistentes al fuego. Ubicar los servicios y equipos en sótano o con protección contra incendio sobre nivel.



Sistema de rociadores para edificios de 4+ pisos. Incluir un sistema de supresión de incendios con rociadores para edificios de 4 pisos o más. Este sistema debe entregar al menos 0.25 litros por hora por metro cuadrado de espacio interno o lo que dicte el código local (escoger el mayor).



Revisión de diseño y construcción. El diseño es revisado y aprobado para garantizar que cumple con el código local vigente. El proceso de construcción es inspeccionado por un ingeniero estructural durante las etapas claves y brinda sus reportes del proceso y aprobación.



Edificio accesible y con acceso a hidrantes. Que se tenga acceso a hidrantes del sistema público u otros sistemas presurizados y que el sitio tenga acceso a camiones de bomberos (radios de giro, altura libre, distancia, ancho de carretera, resistencia al peso, etc.).

### 3.3 Construcción

Este subcapítulo presenta estrategias de implementación para que el proceso de construcción de obra de los edificios verdes de esta guía, sean ejecutados en busca de la sostenibilidad mediante buenas prácticas y lineamientos.

#### Buenas prácticas en la gestión del sitio obra

Los procesos constructivos suelen presentar riesgos importantes de contaminación, deslizamiento o deslaves, inundaciones, entre otros, por lo que se debe de seguir un adecuado plan de gestión de obra en el cual se identifiquen y mitiguen los riesgos durante todas las etapas del proyecto.

Es importante que todo el equipo encargado de la construcción de un proyecto esté enterado de la implementación de las buenas prácticas para que a la hora de su implementación cada disciplina encargada vele por el cumplimiento de cada una de las estrategias. Se deben de delegar responsabilidades de cumplimiento, corrección y reporte a cada uno de los integrantes del proceso constructivo, pero recaerá siempre en la empresa constructora asegurar el cumplimiento de un proceso sostenible en la construcción de su proyecto.

Se presentan a continuación algunas prácticas y estrategias que deben tomarse en cuenta a la hora de iniciar un proceso constructivo.

#### Plan contra la erosión y sedimentación

Se recomienda la presentación de un plan contra la erosión y sedimentación que se implemente desde etapas iniciales del proceso constructivo y llegue a implementarse hasta la fase final o entrega del proyecto. Dentro de las estrategias planteadas se recomiendan las siguientes:

- Realizar un plano en donde se ubiquen aquellas estrategias a implementar según corresponda.
- Delimitar con malla sarán toda el área de trabajo, a una altura mínima de 1.8 metros.
- Colocar trampas de sedimentos en los tragantes o alcantarillados aledaños al proyecto.
- Cubrir todo aquel material que pueda ser erosionado por el viento (arena, cemento, entre otros).
- Manejar escorrentías con trampas de sedimento.
- Bombeo de agua estancada hacia un viaducto o alcantarillado, con sus respectivas trampas de sedimentos.

- Proteger con lonas las vagonetas que transportan material.
- Asegurar la limpieza de calles aledañas al proyecto, preferiblemente con agua no potable.
- Construir un acceso con escombro o piedras para limpieza de llantas previo a la salida de la maquinaria.
- Mantener una estación de lavado de llantas de maquinaria.



### Plan de gestión de energía y agua

Se recomienda la implementación de un plan de gestión de los distintos tipos de energía que contemplen el consumo tanto de electricidad como de combustibles, además de la presentación de un plan de gestión de manejo de las distintas fuentes del recurso hídrico que incluyan el agua potable, el agua no potable, aguas residuales. Se presentan a continuación algunas estrategias a la hora de iniciar el proyecto constructivo:

- Identificar las fuentes de consumo de energía.
- Mantener los registros de consumo de electricidad y combustibles.
- Realizar un plan de mantenimiento de maquinaria, tanto eléctrica como de combustión.
- Instalar accesorios y maquinaria de consumos eficientes de energía.
- Instalar accesorios y equipos eficientes de consumo de agua.
- Utilizar agua no potable para actividades de limpieza, riego, entre otras.
- Asegurar la disposición final de las aguas residuales.
- Implementar estrategias de recolección de agua de lluvia para tareas de limpieza o lavado de servicios sanitarios.

- Asegurar la protección de los cuerpos de agua aledaños al proyecto.
- Capacitar a todo el personal para el correcto mantenimiento e implementación de medidas.
- Implementar rotulación de sensibilización de las medidas sugeridas.

### Plan de gestión de residuos

Se recomienda que el proceso constructivo lleve a cabo un plan de gestión de manejo de residuos tanto ordinarios, reciclables o reutilizados, así como de manejo especial. Para ello se recomiendan las siguientes estrategias de implementación:

- Identificar al menos cinco tipos de residuos que serán generados por la construcción.
- Contabilizar por peso o volumen todos los materiales tanto enviados a relleno sanitario como reciclados, donados, reutilizados entre otros.
- Contar con un centro de acopio que brinde el espacio adecuado para el almacenamiento de cada tipo de material.
- Mantener el centro de acopio limpio.

- Contar con un espacio separado para el almacenamiento de residuos especiales o peligrosos.
- Instalar contenedores en las zonas de trabajo para la disposición de materiales.
- Capacitar a todo el personal para la correcta disposición de residuos.

### Plan de gestión de calidad del aire interno

El plan de calidad de gestión del aire interno se implementa una vez el proyecto constructivo avance a la fase de acabados e instalación de equipos mecánicos y eléctricos, es por ellos que se recomienda la implementación de las siguientes estrategias:

- Almacenar los materiales absorbentes en lugares óptimos, elevados del suelo, protegidos de factores externo y/o cubiertos para evitar el humedecimiento de estos.
- Proteger del polvo, agua y humedad todas las instalaciones mecánicas, así como equipos de ventilación, desde su llegada al proyecto hasta la finalización del proyecto.
- Instalar alfombras o matts en los accesos del proyecto, una vez se encuentre en la fase final de acabados.

- Evitar el uso de materiales con contenido alto en compuestos orgánicos volátiles que afecten la salud tanto de los trabajadores como de los futuros usuarios del proyecto.

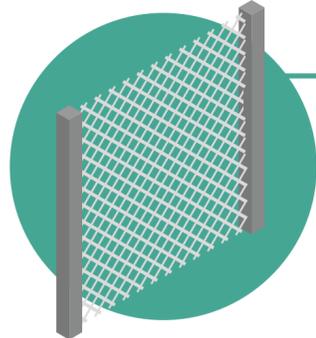


# Buenas prácticas en la gestión del sitio obra

- Plan contra la erosión y sedimentación
- Plan de gestión de energía y agua
- Plan de gestión de residuos
- Plan de gestión de calidad del aire interno



Proteger con lonas las vagonetas que transportan material.



Delimitar con malla toda el área de trabajo, a una altura mínima de 1.8 metros.



Asegurar la limpieza de calles aledañas al proyecto, preferiblemente con agua no potable.



Implementar rotulación de sensibilización de las medidas sugeridas.



Asegurar la protección de los cuerpos de agua aledaños al proyecto.



Contar con un espacio separado para el almacenamiento de residuos especiales o peligrosos.



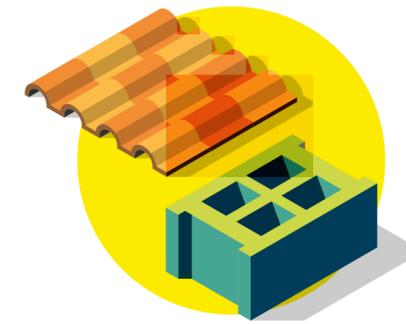
Proteger del polvo, agua y humedad todas las instalaciones mecánicas, así como equipos de ventilación, desde su llegada al proyecto hasta la finalización del proyecto.



Instalar contenedores en las zonas de trabajo para la disposición de materiales.



Realizar un plan de mantenimiento de maquinaria, tanto eléctrica como de combustión.



Evitar el uso de materiales con contenido alto en compuestos orgánicos volátiles que afecten la salud tanto de los trabajadores como de los futuros usuarios del proyecto.



Capacitar a todo el personal para el correcto mantenimiento e implementación de medidas.



Cubrir todo aquel material que pueda ser erosionado por el viento (arena, cemento, entre otros).



Instalar alfombras o mats en los accesos del proyecto, una vez se encuentre en la fase final de acabados.

## 3.4 Operación y mantenimiento

Las diferentes estrategias de diseño que se pueden aplicar en un proyecto para ser más eficientes únicamente sientan las bases de un edificio verde, pero su verdadero beneficio se obtendrá con una debida operación y adecuado mantenimiento de las instalaciones. Los siguientes apartados recopilan buenas prácticas en operación y mantenimiento.

### Manual de operación

En primer lugar, se recomienda que todos los proyectos verdes cuenten con un manual de operaciones que incluya los siguientes lineamientos:

- Contar con un detalle de los equipos eléctricos y mecánicos instalados permanentemente en el proyecto, deberá incluir la función específica de cada uno, sus características técnicas y capacidades según aplique.
- Mantener la ficha técnica original de los equipos eléctricos y mecánicos instalados en el proyecto.

- Contar con todos los procedimientos de operación, en donde se detalle el paso a paso necesario para la operación adecuada. Este documento deberá contar con la secuencia de encendido y apagado, así como cualquier ajuste de configuración u otro requerimiento en específico.

- Contar con las instrucciones de seguridad según aplique para los equipos instalados, se recomienda incluir equipo de seguridad necesario o etiquetado según aplique al equipo. Se deberá realizar un listado en donde se explique ampliamente las precauciones de seguridad que deben mantenerse al operar y realizar mantenimiento de los equipos eléctricos y mecánicos. Además de esto, se deberá contar con planes de emergencia que permitan una respuesta adecuada ante el cualquier imprevisto.

- Contar con programas de mantenimiento preventivo en donde se mantengan programadas las fechas de inspección visual y operativa, así como limpieza, calibración o lubricación según aplique al equipo.

- Mantener en el sitio diagramas o planos técnicos que muestren la configuración de los equipos, así como los puntos de acceso para realizar las pruebas de mantenimiento.

- Contar con un documento de registro de mantenimiento para todos los equipos. Deberá incluir la fecha, el proveedor, descripción del mantenimiento realizado, costo del trabajo, fecha preventiva del siguiente mantenimiento y cualquier otro detalle relevante.

- Incluir la solución a posibles problemas más comunes materializados de los equipos eléctricos y mecánicos el cual incluya las posibles causas y acciones correctivas que correspondan.

- Mantener un listado de contactos de servicio y soporte, en donde se incluya el nombre del contacto, números telefónicos, página web o red social del proveedor o algún otro canal de comunicación directa.

- Establecer la responsabilidad a una empresa externa o colaborador interno de la infraestructura escolar verde, que vele por la realización, actualización y ejecución del manual de mantenimiento del proyecto.

## Participación comunitaria

Por otra parte, se recomienda involucrar a toda la comunidad educativa en la adecuada operación y mantenimiento de la infraestructura escolar verde mediante:

- Sesiones técnicas a las educadoras sobre la construcción y operación de edificación sostenible, como por ejemplo el aprovechamiento del diseño bioclimático iluminación y ventilación natural.

- Contar con maquetas interactivas del edificio que muestre los elementos de sostenibilidad implementados.

- Colocar señalética que describa las estrategias utilizadas.

- Realizar actividades como ferias científicas enfocadas al aprovechamiento y reutilización de los recursos, y las energías renovables.

- Hacer énfasis en la importancia de hábitos más sostenibles como por ejemplo el ciclo de “Reducir - Reutilizar - Reciclar”.

## Gestión de residuos

Finalmente, la gestión de residuos durante la operación del proyecto es de suma importancia para la mitigación de emisiones de efecto invernadero, así como para minimizar los impactos negativos sobre la salud humana. Es importante disponer de un centro de acopio dentro de los proyectos, que permita la adecuada separación de al menos cuatro tipos de materiales y que estos sean desviados del relleno sanitario, para que puedan ser donados, reutilizados o reciclados para un segundo uso. Además, se recomienda ubicar en distintos puntos de las escuelas, contenedores con distinción para que la clasificación de los residuos sea mucho más sencilla para cada uno de los distintos usuarios de los proyectos. El centro de acopio debe ser un lugar accesible para todos los usuarios permanentes de las escuelas, además de fácil acceso para los transportistas o bien cercanos a la salida de los inmuebles.

Un plan de gestión de residuos se debe gestionar integralmente, en donde no solo la clasificación y disposición sean importantes para la institución, sino también el control mensual de cada uno de los materiales reciclados, donados y enviados a relleno sanitario por peso o volumen, para que las escuelas puedan desarrollar una línea base de generación de residuos y así plantear metas de

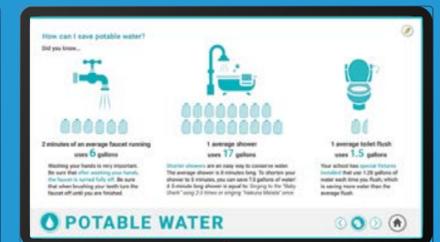
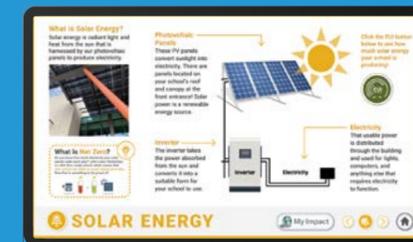
reducción a corto, mediano y largo plazo, en donde por ejemplo, se puedan contabilizar los kilogramos totales reciclados por ocupante y kilogramos de desechos por ocupante.

Para lograr operar y mantener un plan de gestión de residuos dentro del ámbito escolar, es necesario realizar actividades didácticas para la inducción y capacitación a todos los usuarios, para lograr una reducción en la producción de residuos es importante jerarquizar las opciones disponibles, las cuales se refieren al rechazo, reducción, reutilización, reciclaje y disposición a relleno sanitario de aquellos materiales que no cuentan con un segundo uso. Además de la enseñanza es necesario contar con rotulación en las distintas zonas de las escuelas, especialmente en las aulas, áreas de ocio y comedores para lograr concientizar de manera auditiva y visual a los ocupantes de los proyectos.

## Un ejemplo de escuela-laboratorio de buenas prácticas.

La infraestructura de la escuela puede convertirse en un laboratorio de aprendizaje para la comunidad escolar, donde se muestran buenas prácticas de uso de instalaciones, cuidado del medioambiente, conservación del agua, entre otros.

Por ejemplo, la escuela primaria John Lewis, de Washington D. C., cuenta con una pantalla interactiva, ubicada en el atrio principal de la escuela, donde es posible aprender sobre el funcionamiento del edificio escolar, incluyendo temas de cuidado de agua y gestión de residuos, entre otros. También muestra ejemplos concretos del impacto positivo que pueden tener las acciones de los estudiantes.



# 4. Conclusiones

Este documento comenzó detallando los diferentes roles que cumple la infraestructura escolar en la agenda climática de ALC: (i) garantizar el confort de los estudiantes, para proveer condiciones ideales para el aprendizaje; (ii) ser resiliente frente a eventos climáticos extremos, para asegurar la continuidad del servicio; (iii) aportar a las metas de descarbonización, mediante el uso de prácticas sostenibles que permitan reducir las emisiones; y (iv) facilitar el desarrollo de las habilidades necesarias para actuar de manera sostenible, mediante la vinculación del plan de estudios con el espacio físico de aprendizaje.

Asentados estos roles, el documento continuó presentando estrategias prácticas para mejorar el confort de los usuarios, aportar a la descarbonización y mejorar la resiliencia de la infraestructura escolar en cada fase de un proyecto (enfocándose principalmente en planificación, diseño, construcción y operación).

Durante la planeación, etapa en la que se definen los objetivos y el alcance del proyecto, es clave determinar elementos como el sitio para el emplazamiento, la demanda por la infraestructura escolar y la accesibilidad, al ser estos elementos clave para la definición de las estrategias de sostenibilidad y resiliencia.

Luego, para la etapa de diseño, se presentaron fichas con estrategias sostenibles por cada zona climática identificada en ALC, con el objetivo de facilitar un set de medidas que se pueda aplicar a los proyectos de infraestructura escolar, de acuerdo con a la zona climática en la que se pretenda emplazar el proyecto. Estas fichas priorizan la utilización de medidas pasivas, y se complementan con estrategias activas. Adicionalmente, se proveen estrategias generales para seleccionar materiales de baja energía incorporada.

Para identificar estas estrategias, se utilizaron herramientas online que permiten simular los potenciales ahorros de energía, agua y materiales que se logran al implementar las estrategias de

diseño verde propuestas para cada clima en relación con un caso base. Gracias a los resultados de esta simulación se observa que la utilización de estas estrategias de diseño verde puede generar ahorros entre 24% y 61% en energía (38% promedio), entre 24% y 32% en agua utilizada en las escuelas (30% promedio) y entre 38% y 57% en energía necesaria para los materiales de construcción de una escuela (48% en promedio), dependiendo del clima en que esta sea emplazada.

Es importante destacar que los ahorros en consumos de energía y agua representan ahorros importantes en la operación de los edificios. Es por esto por lo que es importante considerar el análisis costo-beneficio frente a la inversión de proyectos de infraestructura sostenible y resiliente. Si bien la incorporación de las estrategias de mitigación y adaptación representan un aumento en inversión inicial, la selección adecuada de estrategias costo-eficientes respaldará la inversión a corto plazo debido a la reducción de gastos operacionales y mantenimiento.

Para todas las zonas climáticas, el aumento de la inversión inicial promedio por implementar medidas de sostenibilidad, según los resultados obtenidos con las simulaciones del aplicativo online de EDGE, oscila entre el 0,5%, y el 2,5%. Por otro lado, el retorno a la inversión en términos de ahorros en servicios públicos (agua y energía) excede en todos los casos el costo de inversión inicial. Se estima que este costo incremental en promedio se recupere en menos de un año.

Adicionalmente, para la fase de diseño, se presentaron estrategias de resiliencia para las tres principales amenazas climáticas de ALC: viento, agua y fuego, entregando estrategias específicas para fomentar la adaptación de la infraestructura escolar al cambio climático.

Asimismo, para la fase de la construcción, el documento detalla la importancia de dar seguimiento a los planes de gestión de obra y confirmar que los objetivos del proyecto se estén cumpliendo, en términos de costos, tiempo, especificaciones técnicas, con énfasis en las estrategias de sostenibilidad y resiliencia o requerimientos de certificación de edificio verde.

Finalmente, para la operación y mantenimiento, se entregan recomendaciones para garantizar el correcto uso de las instalaciones y

que realmente se aproveche toda la funcionalidad dedicada a la sostenibilidad y resiliencia de la infraestructura.

Se espera que las recomendaciones prácticas y herramientas concretas entregadas en esta guía sirvan para fomentar la discusión sobre el rol de la infraestructura escolar en la agenda climática y facilitar la construcción, ampliación y rehabilitación de escuelas verdes. Como este estudio ha logrado mostrar, la importancia del uso de estrategias verdes y resilientes no reside solo en su capacidad de asegurar las condiciones de confort en la escuela y la continuidad del servicio educativo, sino que permite la descarbonización, fomenta el desarrollo de las habilidades verdes y es una excelente herramienta para reducir los costos operacionales y de mantenimiento de las escuelas.





# Apéndice I: Metodología y definición de la muestra

## Metodología de análisis

La metodología de análisis estableció la determinación de una muestra no probabilística, tomando como referencia 30 ciudades en 26 países de ALC para la identificación de estudios de casos. Su selección se correlaciona con la clasificación de las zonas climáticas del estándar *ASHRAE 169 - 2021* <sup>[30]</sup> <sup>[31]</sup> y su representatividad en los países de ALC.

## Prototipos arquitectónicos

Como punto de partida para el análisis de estudios de casos, la adopción de dos tipos particulares de infraestructura

escolar. Para el prototipo de Preescolar se seleccionó una edificación de 500 m<sup>2</sup> de una sola planta con una relación 2 a 1 entre el ancho y el largo, 3 metros de altura interna, y un área exterior de 500 m<sup>2</sup>. Para el prototipo de Colegios se seleccionó una edificación de 3000 m<sup>2</sup> en dos plantas, con una relación de 3 a 1 entre el ancho y el largo, 3 metros de altura interna en cada planta y un área exterior de 1000 m<sup>2</sup>. Para ambos prototipos se propuso un horario de ocupación de lunes a viernes de 10 horas (7a.m. a 5p.m.) con 60 días feriados al año y una densidad de ocupación de 6 m<sup>2</sup>/persona.

## Herramientas de simulación y diseño

Por otro lado, para la definición de estrategias de sostenibilidad y resiliencia se emplearon programas informáticos, de uso libre, como Climate Consultant y el **aplicativo en línea** de la certificación **EDGE**<sup>11</sup>. **Climate Consultant** permitió la identificación de estrategias de diseño pasivo y diseño activo, de acuerdo con el clima local para cada ciudad seleccionada. El aplicativo de EDGE permitió confirmar que la adopción de las estrategias seleccionadas en los prototipos de infraestructura escolar permite cumplir los requerimientos mínimos de la certificación EDGE <sup>[32]</sup>.

<sup>11</sup> El sistema de certificación EDGE requiere medidas suficientes para garantizar ahorros mínimos de 20% en Energía, 20% en Agua y 20% en Energía Embebida los Materiales, al compararse contra un caso base, lo que cuenta con las características típica de la construcción en cada país.

## Zonificación Climática de ASHRAE 169-2021

El estándar *ASHRAE 169-2021 Datos Climáticos para Estándares de Diseño de Edificios* clasifica las zonas climáticas utilizando los criterios de bulbo seco, punto de rocío, temperaturas de bulbo húmedo, entalpía, relación de humedad, condiciones del viento, radiación solar, latitud, longitud y elevación de ubicaciones en todo el mundo. De esta manera determina 9 zonas climáticas definidas por las horas requeridas para enfriamiento o calefacción según el rango de temperaturas. Aparte de este criterio se cuenta con la clasificación por las letras A, B y C; las cuales se utilizan para denotar climas húmedos, secos o marinos respectivamente.

### Límites para definir zona climática

Zona	Nombre	Unidades (°F)	Unidades (°C)
0	Extramadamente caliente	$10,800 < \text{CDD}_{50^{\circ}\text{F}}$	$6000 < \text{CDD}_{10^{\circ}\text{C}}$
1	Muy caliente	$9000 < \text{CDD}_{50^{\circ}\text{F}} \leq 10,800$	$5000 < \text{CDD}_{10^{\circ}\text{C}} \leq 6000$
2	Caliente	$6300 < \text{CDD}_{50^{\circ}\text{F}} \leq 9000$	$3500 < \text{CDD}_{10^{\circ}\text{C}} \leq 5000$
3	Cálido	$\text{CDD}_{50^{\circ}\text{F}} \leq 6300$ and $\text{HDD}_{65^{\circ}\text{F}} \leq 3600$	$\text{CDD}_{10^{\circ}\text{C}} \leq 3500$ and $\text{HDD}_{18.3^{\circ}\text{C}} \leq 2000$
4	Mixto	$\text{CDD}_{50^{\circ}\text{F}} \leq 6300$ and $3600 < \text{HDD}_{65^{\circ}\text{F}} \leq 5400$	$\text{CDD}_{10^{\circ}\text{C}} \leq 3500$ and $2000 < \text{HDD}_{18.3^{\circ}\text{C}} \leq 3000$
5	Fresco-Templado	$\text{CDD}_{50^{\circ}\text{F}} \leq 6300$ and $5400 < \text{HDD}_{65^{\circ}\text{F}} \leq 7200$	$\text{CDD}_{10^{\circ}\text{C}} \leq 3500$ and $3000 < \text{HDD}_{18.3^{\circ}\text{C}} \leq 4000$
6	Frío	$7200 < \text{HDD}_{65^{\circ}\text{F}} \leq 9000$	$4000 < \text{HDD}_{18.3^{\circ}\text{C}} \leq 5000$
7	Muy frío	$9000 < \text{HDD}_{65^{\circ}\text{F}} \leq 12600$	$5000 < \text{HDD}_{18.3^{\circ}\text{C}} \leq 7000$
8	Subártico/Ártico	$12600 < \text{HDD}_{65^{\circ}\text{F}}$	$7000 < \text{HDD}_{18.3^{\circ}\text{C}}$

- **Días-grado de Refrigeración (CDD, por sus siglas en inglés):** Se define como la sumatoria anual de la diferencia entre la temperatura media de cada día y  $50^{\circ}\text{F}$  o  $10^{\circ}\text{C}$ .

- **Días-grado de Calefacción (HDD, por sus siglas en inglés):** Se define como la sumatoria anual de la diferencia entre la temperatura media de cada día y  $65^{\circ}\text{F}$  o  $18.3^{\circ}\text{C}$ .

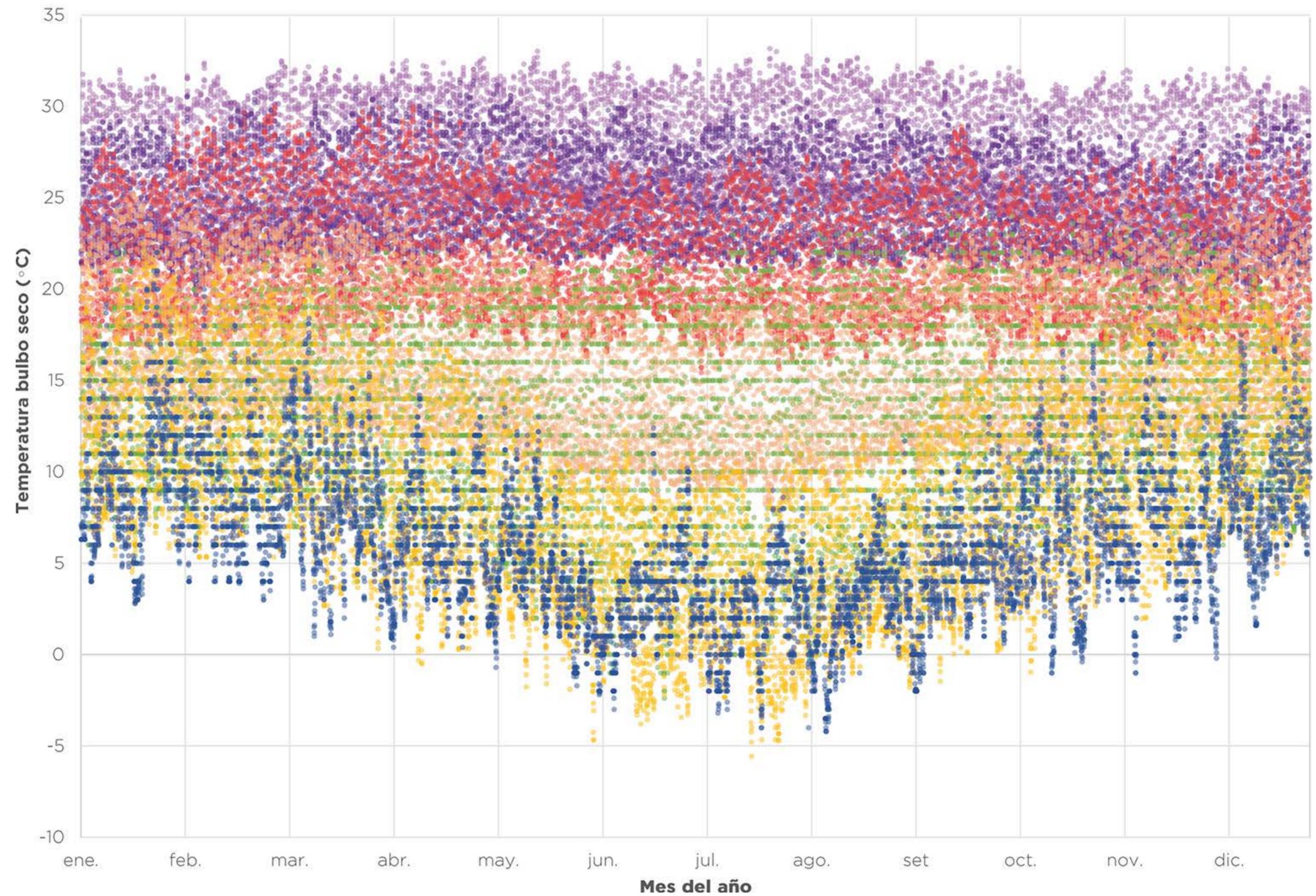
## Identificación de estudios de caso

Para los estudios de caso fueron seleccionadas 30 ciudades de tal forma de que se maximizara la cantidad de países junto con la mayor representación de zonas climáticas en ALC. Al mismo tiempo previendo su disponibilidad en el aplicativo de la certificación EDGE<sup>12</sup>. En los casos en que se tenía más de una ciudad en un país con la misma zona climática, se seleccionó la que tenía una población mayor, siguiendo la hipótesis de poder llegar así a más personas involucradas en el diseño y construcción de escuelas verdes. La siguiente tabla resume la selección representativa de ciudades:

<sup>12</sup> El estudio no contempla clima Mixto (zona 4) debido a la falta de disponibilidad de ciudades con este clima en ALC presente en el aplicativo EDGE al momento del estudio.

País	Estación Meteorológica	Extremadamente caliente		Muy caliente		Caliente		Cálido			Fresco-Templado			Frío
		0		1		2		3			5			6
		A	B	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A
<b>Argentina</b>	Rio gallegos													
	San Carlos De Bariloche													
	San Juan													
	Ushuaia													
<b>Bahamas</b>	Nassau Intl													
<b>Belice</b>	Philip Sw Goldson Intl													
<b>Bolivia</b>	El Alto Intl (La Paz)													
<b>Brasil</b>	Manaus Ab													
	Rio Santos Dumont Ap													
	Sao Paulo Intl													
<b>Chile</b>	Santiago Pudahuel Intl													
<b>Colombia</b>	Eldorado Intl (Bogotá)													
	Alfonso Bonilla Aragon Intl													
<b>Costa Rica</b>	Juan Santamaria Intl													
<b>Ecuador</b>	Quito Parque Bicentenario													
<b>Guatemala</b>	La Aurora Intl													
<b>Honduras</b>	Toncontin Intl													
<b>Haití</b>	Puerto Principe													
<b>México</b>	Mexico City Intl													
	Monterrey													
	Tijuana Intl													
	Veracruz Intl													
<b>Nicaragua</b>	Managua Intl													
<b>Panamá</b>	Tocumen Intl													
<b>Perú</b>	Arequipa Intl													
	Lima Callao Intl													
	Piura Intl													
<b>Paraguay</b>	Asunción													
<b>El Salvador</b>	El Salvador Intl													
<b>Uruguay</b>	Montevideo Prado													

La siguiente figura muestra la temperatura promedio por hora histórica de cada ciudad en el estudio, agrupadas según su zona climática. Se nota como en las zonas climáticas Extremadamente Caliente, Muy Caliente y Caliente se obtiene una temperatura alta y relativamente estable durante todo el año, no se aprecian diferencias por cambios de estación. Por el otro lado, a partir de la zona Cálida se empieza a ver una disminución importante en temperatura durante la época de invierno. Si se parte de que la temperatura de confort es aproximadamente 23°C, considerando índice metabólico de descanso y nivel de vestimenta de pantalones y camisa, las zonas 3 y 4 muestran ser las más confortables.



# Apéndice II: Detalles técnicos de las estrategias de diseño

## Envolvente

La envolvente de un edificio es un componente clave que no solo le brinda soporte estructural, sino que también es el encargado de separar el exterior del interior; y la selección de sus componentes afecta directamente la ventilación, la climatización, la iluminación, y el uso de energía para enfriar o calentar el ambiente interno.

## Paredes exteriores

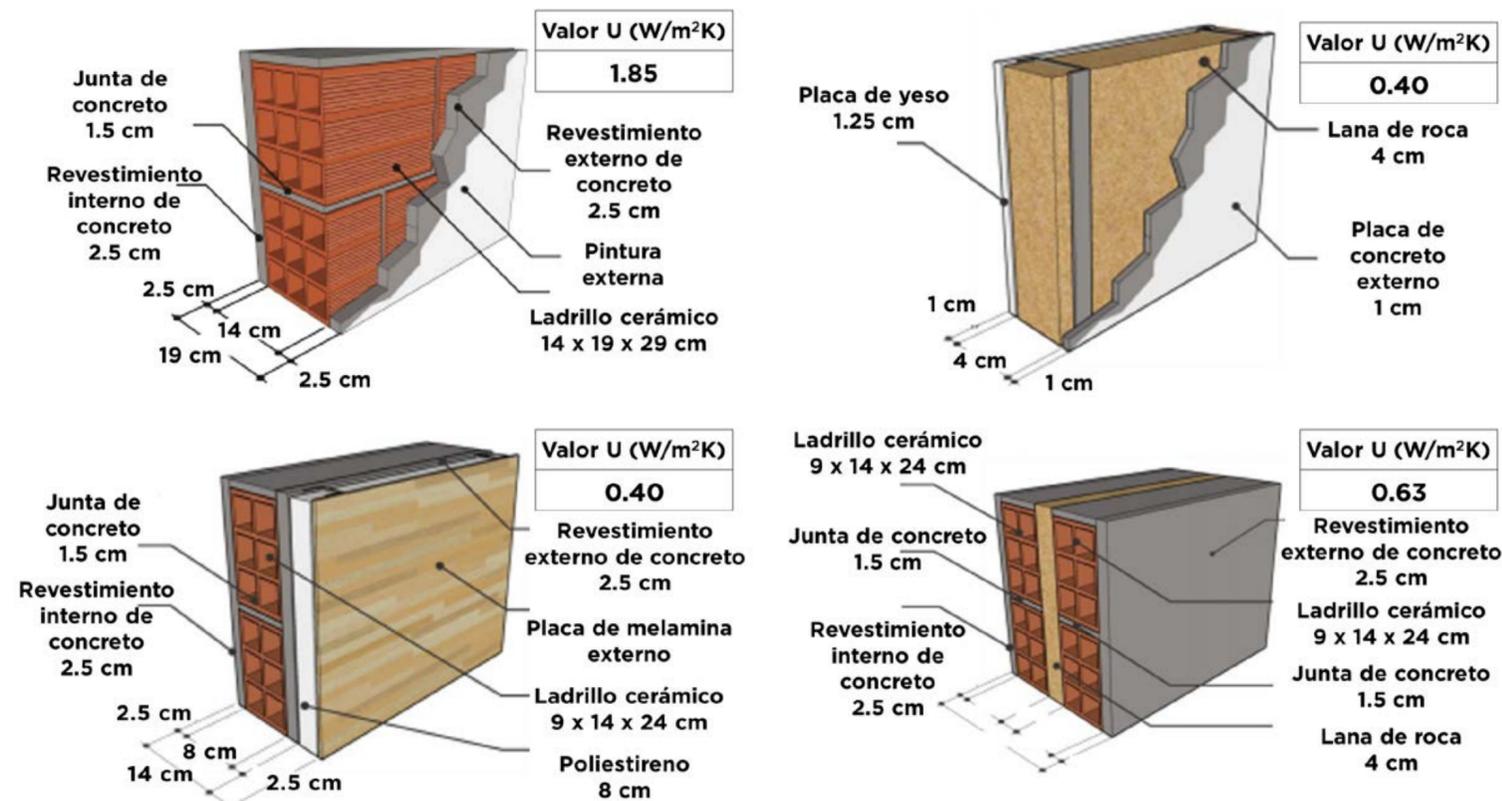
Es importante considerar que los horarios de uso de los centros educativos tienen un efecto importante en la selección del tipo de mampostería y aislamiento, ya que al ser horarios diurnos la alta masa ayuda a mantener estable la temperatura interna en referencia a la temperatura externa.

Para las zonas OA, OB, 1A, 1B, 2A, 2B se recomiendan ensambles de alta masa para evitar que el calor entre rápidamente al espacio, durante la noche se recomienda tener ventilación para sacar el calor acumulado en la masa de las paredes.



Estrategia	Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3(A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco-Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
Tipo de Pared	Pared de Bloques de Concreto de peso medio de 15cm						
Espesor de Aislamiento térmico de lana mineral o fibra de vidrio	N/A	N/A	N/A	50mm	50mm	75mm	75mm
Valor-U del ensamble (W/m <sup>2</sup> K)	0.63	0.63	0.63	0.57	0.57	0.36	0.36

### Ejemplos de Valor-U para distintos ensamblajes



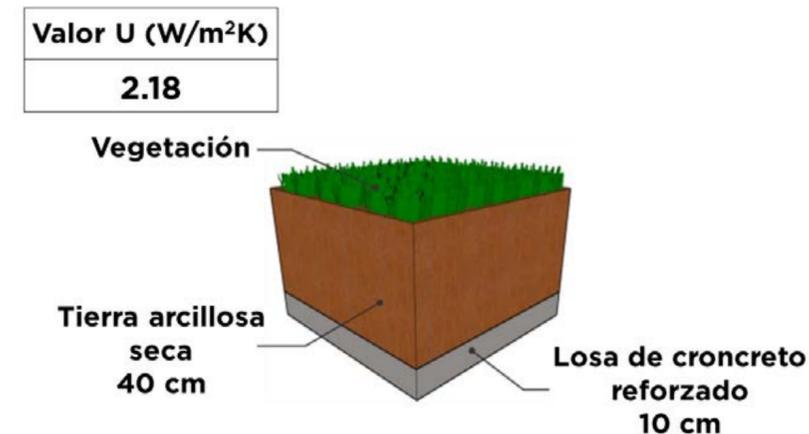
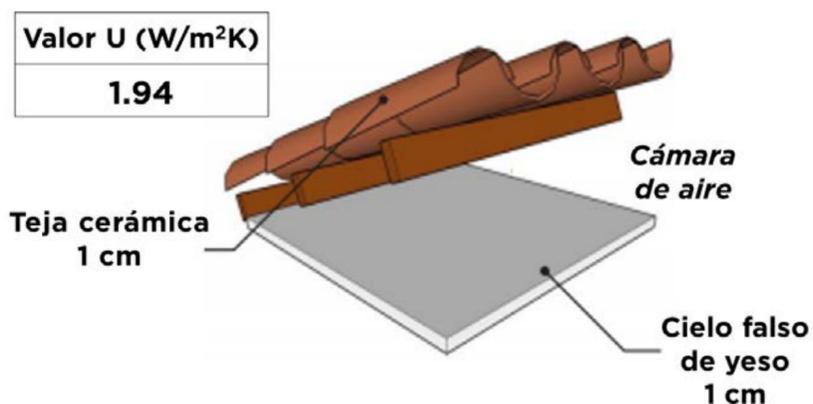
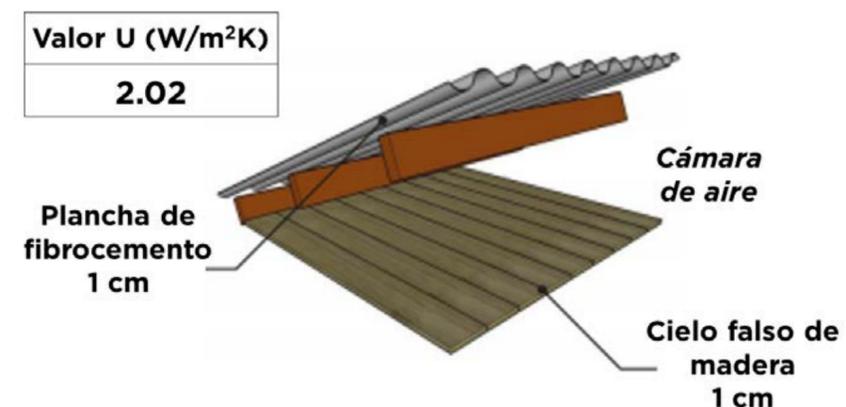
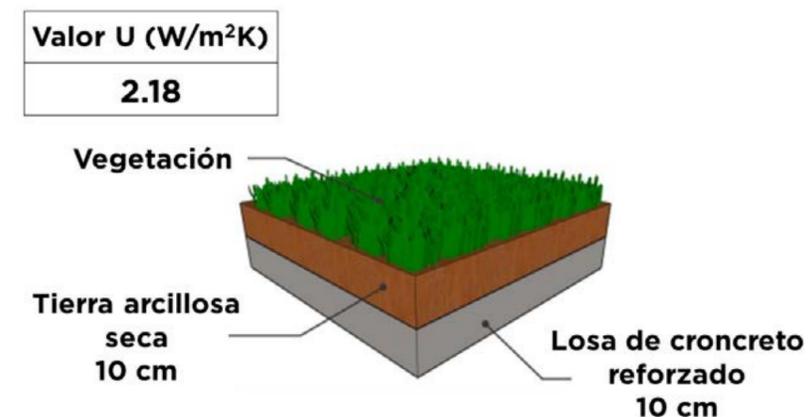
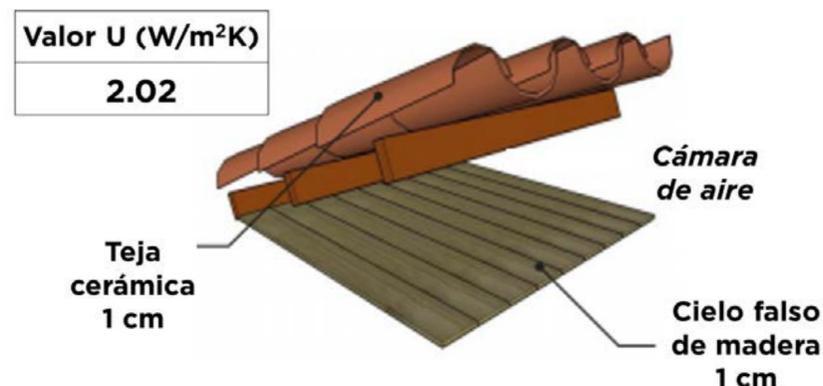
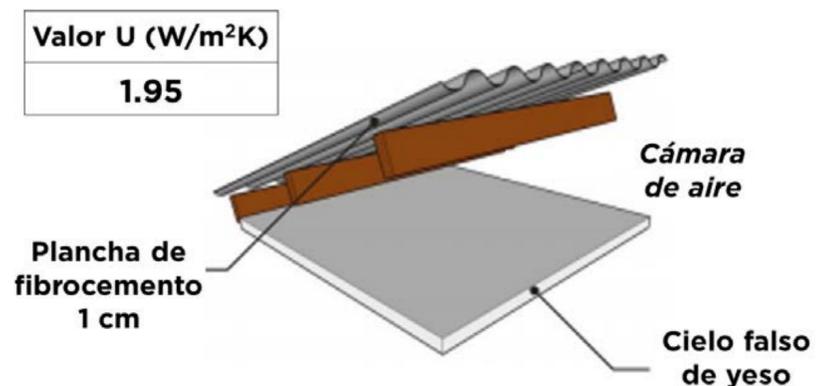
## Cubierta

El principal tipo de cubierta recomendado es de sándwich, es decir dos caras metálicas y en el centro un panel solido de aislamiento térmico. El grosor del aislamiento varía en función de la zona climática, siendo el caso de que en zonas climáticas frescas y frías se el grosor del aislamiento es más crítico que en zonas tropicales, pero en todos los casos la utilización de aislamientos representa una estrategia costo efectiva para reducir el consumo energético y mejorar el confort interno.

## Ensamblajes de techo

Estrategia	Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3 (A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco-Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
<b>Cubierta</b>	Cubierta metálica con Panel aislante de poliestireno revestido de acero						
<b>Espesor Aislamiento</b>	50mm	50mm	50mm	50mm	100mm	100mm	100mm
<b>Valor-U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	0.63	0.63	0.63	0.63	0.32	0.32	0.32

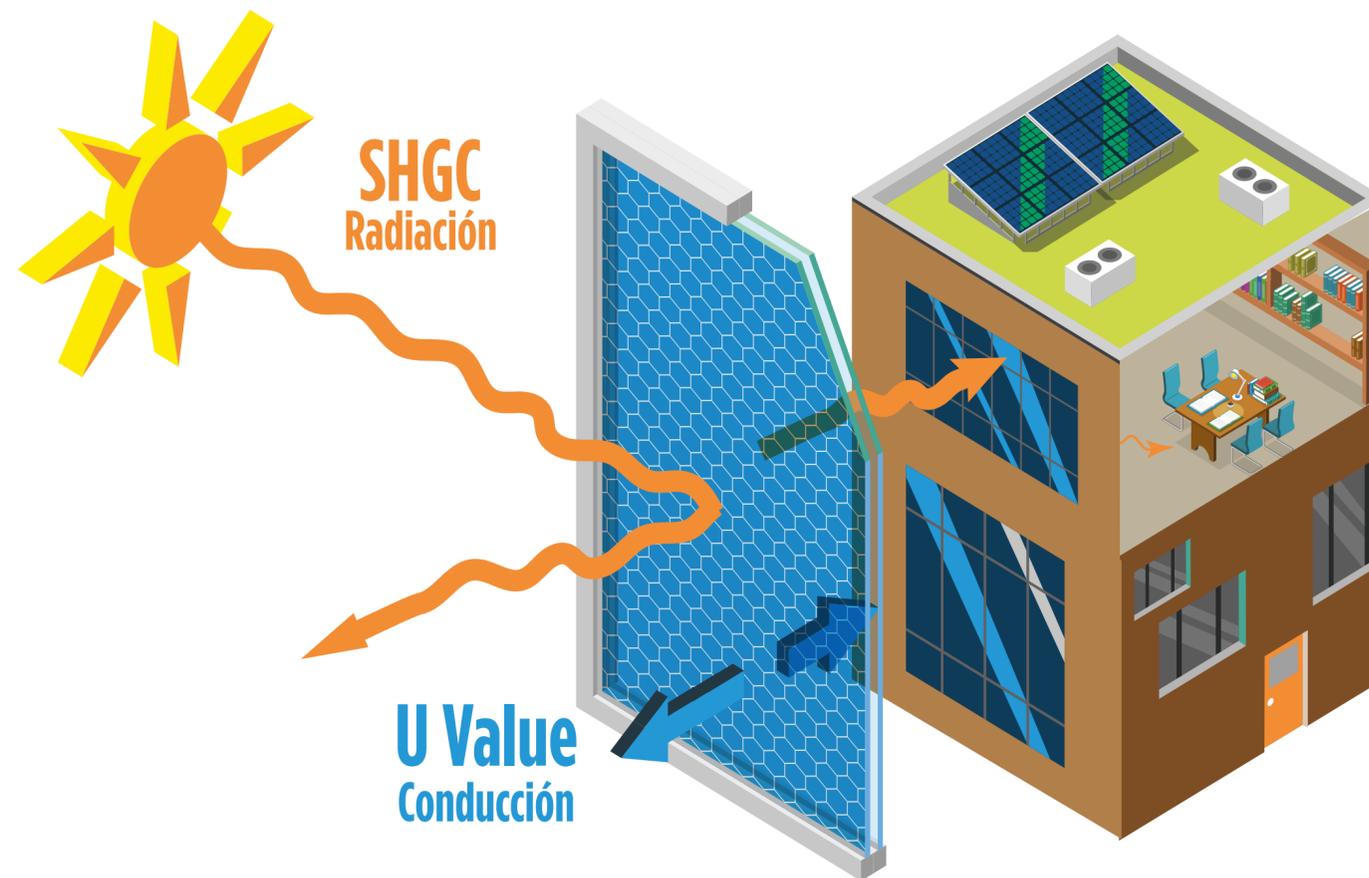
### Ejemplos de Valor-U para distintos ensamblajes



## Ventanas

Las ventanas son elementos esenciales en los edificios ya que brindan la posibilidad de tener una conexión visual al exterior y el ingreso de luz día al edificio. Al mismo tiempo representan un gran reto ya que suelen considerarse como puntos débiles de la envolvente, por los cuales ingresa o se pierde más calor en comparación a los elementos opacos como paredes y techos.

Los vidrios son elementos complejos con múltiples características como los son Valor U, Coeficiente de Ganancia de Calor (SHGC por sus siglas en inglés), transmitancia de luz visible, reflectancia exterior, reflectancia interior, transmitancia ultravioleta, entre otros. De las características anteriormente mencionadas, es muy importante ponerles especial cuidado al Valor U y al SHGC, ya que son los 2 valores que más impactan en el consumo energético y confort interno de un edificio.



**Características de ventana/vidrio por zona**

Estrategia	Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3 (A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco-Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
Valor U (W/m <sup>2</sup> K)	6.18	6.18	6.18	3.69	2.55	1.99	1.99
SHGC	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5

## Transmitancia térmica en vidrios

**Valor U:** es la medida de cuánto calor se transfiere a través de la ventana. Cuanto menor sea el valor U, mejores serán las propiedades de aislamiento de la ventana, por lo que será mejor para mantener el calor interno o prevenir que el frío afuera entre al edificio,

**Coefficiente de Ganancia Solar:** (SHGC, por sus siglas en inglés *Solar Heat Gain Coefficient*) se refiere a una de las características de rendimiento energético de un acristalamiento, específicamente es la cantidad de la radiación solar que pasa a través de la ventana. Los valores que se

encuentran en el mercado rondan entre el 0 y 1, por lo que se considera que al menor valor se propicia menos ganancia térmica.

En un clima frío, las ventanas que tienen un SHGC alto permiten el paso de una mayor cantidad de radiación solar, ofreciendo calefacción solar gratuita, mientras que un clima cálido las ventanas que tienen un SHGC más bajo evitan que el calor ingrese al edificio y con esto se mejora el confort y se reduce el consumo energético debido al acondicionamiento del aire.

## Proporción ventana/pared

Window to Wall Ratio, por sus siglas en inglés se refiere a la proporción de vidrio con respecto a la pared, entendiendo el área total de la fachada como pared, y el

área de la ventana para poder realizar el cálculo estipulado por la herramienta en línea. Si se contemplan puertas de vidrio, estas serán tomadas en cuenta como parte de las ventanas o aperturas.

### WWR recomendado por zona

Estrategia	Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3 (A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco-Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
Proporción de Vidrio Respecto de la pared (%)	30	30	30	40	40	50	50

## Control solar

Se presentan las siguientes recomendaciones de ángulos de parasoles y aletas (izquierda - derecha) tanto para emplazamientos en el hemisferio norte como para el sur.

### Ángulo de parasol y aletas por zona climática para hemisferio

Estrategia		Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3 (A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco- Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
<b>Hemisferio Norte</b>								
<b>Norte</b>	AI	81	79	78				
	PA							
	AD	81	83					
<b>Noreste</b>	AI							
	PA	55	70	72				
	AD	46	54					
<b>Este</b>	AI							
	PA	50	58	66				
	AD							
<b>Sureste</b>	AI							
	PA	59	67	74				
	AD							
<b>Sur</b>	AI	68	75					
	PA	58	63	72	76			
	AD	62	68		74			
<b>Suroeste</b>	AI							
	PA	45	53	70	68			
	AD			45				
<b>Oeste</b>	AI							
	PA	41	43	57	73			
	AD							
<b>Noroeste</b>	AI	47	48	51				
	PA		47	73	78			
	AD							

### Ángulo de parasol y aletas por zona climática para hemisferio sur

Estrategia		Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3 (A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco- Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
<b>Hemisferio Sur</b>								
<b>Norte</b>	AI	62	68		74			
	PA	58	63	72	76			
	AD	68	75					
<b>Noreste</b>	AI							
	PA	59	67	74				
	AD							
<b>Este</b>	AI							
	PA	50	58	66				
	AD							
<b>Sureste</b>	AI	46	54					
	PA	55	70	72				
	AD							
<b>Sur</b>	AI	81	83					
	PA							
	AD	81	79	78				
<b>Suroeste</b>	AI							
	PA		47	73	78			
	AD	47	48	51				
<b>Oeste</b>	AI							
	PA	41	43	57	73			
	AD							
<b>Noroeste</b>	AI			45	34			
	PA	45	53	70				
	AD							

## Cálculo de elementos de protección solar

El ángulo en aletas se mide desde el centro de la ventana hacia el punto más lejano de la aleta con la línea perpendicular hacia afuera de la ventana; y, el ángulo para parasol se mide desde el centro de la ventana hasta el punto más lejano del parasol con la línea perpendicular hacia afuera de la ventana.

De acuerdo con la figura anterior, y si se asume que se tiene el tamaño de la ventana, el ángulo del parasol o de la aleta forma un triángulo rectángulo con una variable por definir que sería el tamaño de este. Para resolver la ecuación, se utiliza la fórmula del tangente del ángulo igual al largo del lado opuesto entre el lado adyacente

$$\tan \phi = \frac{a}{b} \rightarrow b = \frac{a}{\tan \phi}$$

Para el caso del parasol, el lado  $a$  representa el alto de la ventana; para el caso de la aleta, el lado  $a$  representa la mitad del largo de la ventana. Consecuentemente, el lado  $b$  representa el tamaño del parasol o de la aleta, que sería la distancia que estos elementos se salen de la fachada con respecto a la ventana.

Por ejemplo, si se tiene una ventana de 1.5 metros de alto y 3 metros de ancho en una ciudad ubicada en una zona 0 y en una fachada que ve hacia el sur, según la tabla anterior se tiene un ángulo de  $68^\circ$ ,  $58^\circ$  y  $62^\circ$  para la aleta del lado izquierdo si se observa de adentro hacia afuera, el parasol y la aleta del lado derecho respectivamente. Ahora, de acuerdo con la fórmula 1, se calcula el largo de cada elemento.

$$b_{\text{aleta izq}} = \frac{1.5 \text{ m (mitad del ancho)}}{\tan(68^\circ)} = 0.61 \text{ m} = 0.81 \text{ m}$$

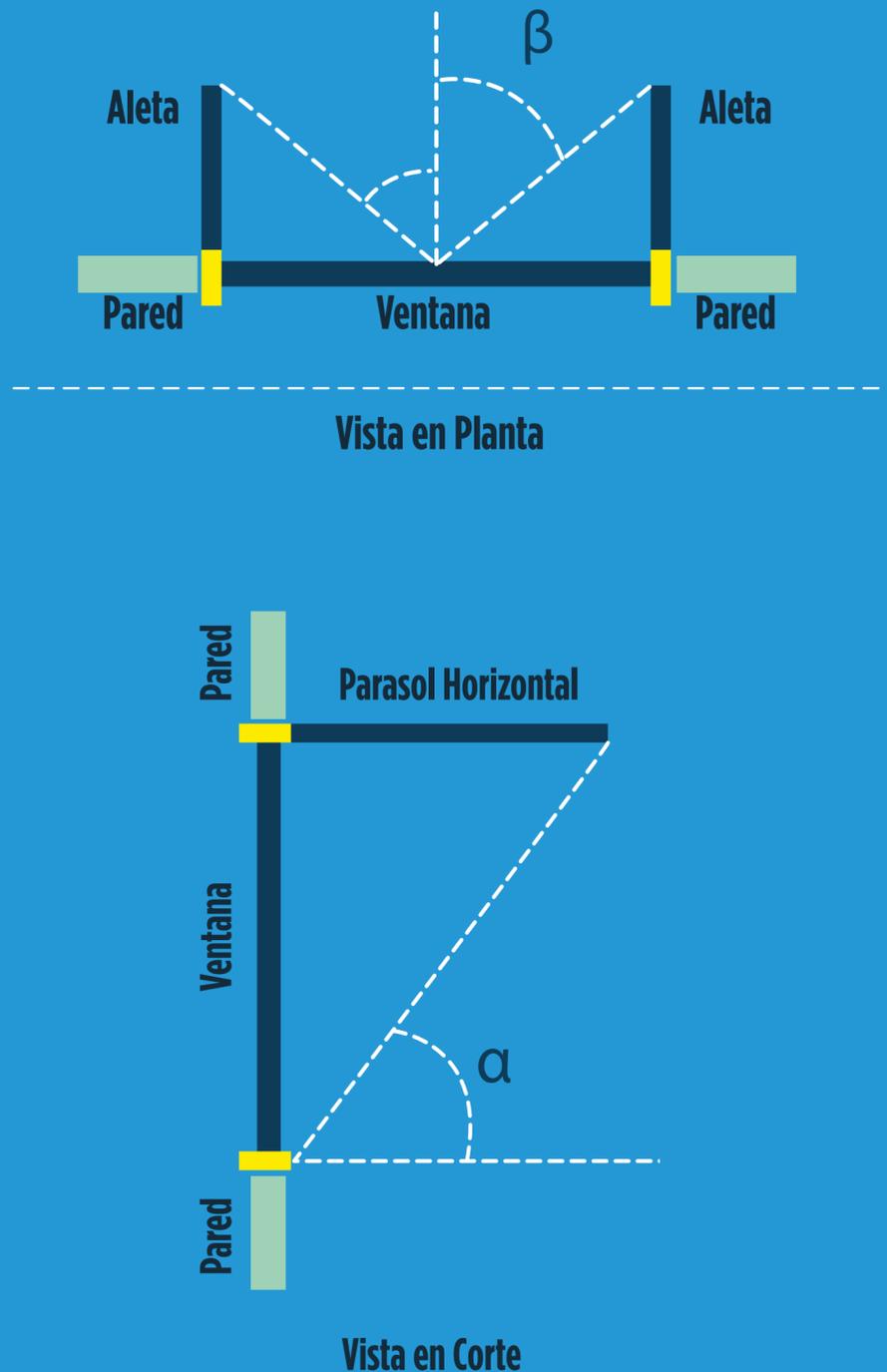
$$b_{\text{aleta der}} = \frac{1.5 \text{ m (mitad del ancho)}}{\tan(62^\circ)}$$

$$b_{\text{parasol}} = \frac{1.5 \text{ m (alto)}}{\tan(58^\circ)} = 0.94 \text{ m}$$

Y así entonces, se recomienda que esta ventana con orientación hacia el sur en una zona climática 0 tenga una aleta del lado izquierdo de 0.61 m, un parasol de 0.94 m y una aleta del lado derecho de

0.81 m. Una estrategia que se puede seguir es que en lugar de hacer estos elementos hacia afuera, más bien empotrar la ventana en la fachada, así puede que constructivamente sea más fácil con la parte negativa de que se pierde área interna.

Figura 1. Ángulo de parasoles o aletas



## Índice de Reflectancia Solar (SRI)

El Índice de Reflectancia Solar (SRI) es la medida en que una superficie reflejara el calor solar, y se mide con un valor entre 0 y 100, siendo 0 la referencia de un techo color negro (atrapa calor) y 100 la referencia de un techo blanco (refleja el calor). El SRI se compone de reflectancia solar y emisión térmica, y constituye una medida del calentamiento relativo de los materiales teniendo en cuenta la radiación solar absorbida y el calor irradiado al cielo.

La estrategia de seleccionar un SRI alto, es decir un techo blanco, es lógica para las zonas climáticas cálidas adonde predomina la necesidad de utilizar aire acondicionado. Para zonas térmicas frescas y frías como lo son las zonas 3, 4, 5 y 6 un alto SRI promueve ahorros en el consumo energético durante la época de verano y durante el invierno se puede pensar en que al tener una cubierta absorbente de calor reduce costos de calefacción debido a el ingreso de carga térmica, pero el efecto que tiene la radiación solar absorbida en un techo es menor en la ganancia de calor conforme se aumenta el nivel de aislamiento.

### SRI recomendado por zona

Estrategia	Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3 (A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco-Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
Paredes y Techos	> 85	> 85	> 85	65	< 65	< 65	< 65

## Índice de reflectancia solar

Un alto SRI ayuda a disminuir el Efecto de Isla de Calor, el cual se describe cómo el impacto que tienen las superficies más calientes (oscuras) en el aumento de la temperatura de las ciudades en relación con áreas urbanas circundantes <sup>[33]</sup>. No se recomienda el uso de colores blanco brillante en zonas de techo útiles o habitadas ya que este puede generar resplandor excesivo y causar molestias para los usuarios.

Color	SRI
Aluminio Zinc (GL)	55
Blanco ostra (WH)	59
Blanco polar (PW)	73
Piedra clara (LS)	65
Azul hawaiano (BL)	31
Marrón Sahara (ST)	53
Gris ceniza (AS)	52
Bronce bruñido (BR)	29
Verde colonia (GR)	37
Verde helecho (FG)	29
Almendra (AL)	75
Blancanieves (SW)	78
Piedra parda (BS)	53
Cobre Metálico (CM)	51
Rojo escarlata (SR)	47
Azul puerto (HB)	25
Verde cazador (HG)	39
Azul romano (RB)	33
Rojo colonial (CR)	37
Everglade (EG)	36
Gris pizarra (SG)	41

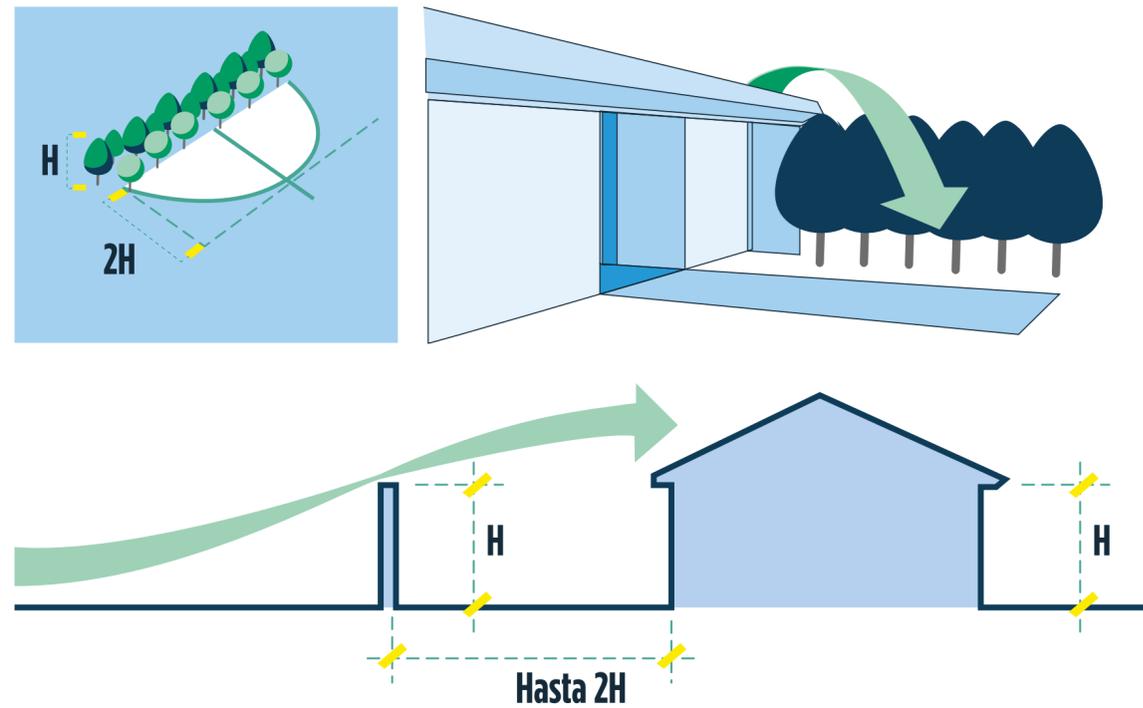
Ejemplos de valores de SRI para cubiertas por color <sup>[34]</sup>

## Control de viento

En los climas fríos de las zonas 4, 5 y 6 las barreras de viento representan una oportunidad pasiva para mejorar el

confort interno pudiendo estas reducir la incidencia directa de ráfagas gélidas en la envolvente del edificio.

### Protectores contra viento.



Los protectores contra el viento exteriores o la plantación densa pueden proteger las entradas de los vientos fríos del invierno (muros laterales, cortavientos, cercas, estructuras exterior o formaciones geográficas)

## Iluminación

### Iluminación interior

El diseño de iluminación se caracteriza por tener dos componentes principales, la parte arquitectónica y la parte eléctrica. Por el lado arquitectónico se tiene todo lo que tiene que ver con color, acentos, armonía del espacio, confort de los

usuarios, y seguridad, mientras que por la parte eléctrica se puede resumir en tres aspectos principales: control, potencia y eficiencia. Por tratarse de una guía de diseño eficiente, se aborda únicamente las características del componente eléctrico.

### Densidad de potencia de iluminación

La densidad de potencia de iluminación de un espacio se define como la sumatoria total de potencia de las diferentes luminarias divide entre el área del espacio. La siguiente formula muestra cómo es que se calcula.

$$LPD (W/m^2) = \frac{\sum (\text{Potencia de lampara (W)} * \text{cantidad})}{\text{Área del local (m}^2\text{)}}$$

En términos prácticos, el LPD<sup>13</sup> se utiliza para realizar un análisis sencillo de que tanta potencia de iluminación se ha diseñado en promedio por unidad de área. El estándar de ASHRAE 90.1-2010 (ASHRAE, 2010) define el LPD promedio para una escuela en 10.7 W/m<sup>2</sup>, y se propone que el valor para una escuela verde debe ser al menos 25% por debajo de esa base, es decir, menos de 8 W/m<sup>2</sup>.

### Eficiencia

Cuando se habla de eficiencia, se intenta representarlo como una relación entre lo que entrega dividido entre lo que necesita para poder entregarlo. En el caso de iluminación, se puede medir lo que entrega en lúmenes, que es una unidad del sistema métrico para representar cantidad total de luz visible de una

<sup>13</sup> LPD: Densidad de potencia de iluminación. Se define como la potencia total de iluminación dividido entre el área de los espacios que iluminan, por lo tanto, las unidades son Watt por metro cuadrado o cualquiera equivalente.

lámpara. Lo que necesita para entregarlo se mide en watts, también una unidad del sistema métrico que se menciona en varias partes de este documento, y que representa energía transferida por unidad de tiempo. Por tanto, se recomienda que la eficiencia promedio de todas las luminarias seleccionadas para la escuela sea 100 Lum/W, es decir, que en promedio se entreguen 100 lúmenes de luz visible por cada watt de potencia eléctrica demandada.

### Control

Un diseño de iluminación que tenga un LPD bajo no garantiza que vaya a tener una operación eficiente, y por esta razón es que el aspecto de control se vuelve fundamental. Por ejemplo, si se tiene una potencia de iluminación de 100 W que se usa por 5 horas encendido,

representa el mismo consumo que una de 50 W que se use por 10 horas. Ahora, si el uso de esa potencia de 50 W se controla adecuadamente, y se logra usar las mismas 5 horas del otro caso, ahí sí representa un ahorro de 50%. Los siguientes puntos detallan criterios de diseño que se deberían seguir para lograr controlar adecuadamente.

- Clases, cafeterías y salones multiuso: Cada espacio debe poder controlarse de manera independiente, y debe incluir un encendido y apagado normal junto con un punto medio de ajuste entre 30%-70% de la potencia. Esto se puede lograr con atenuadores de luz o dejando dos circuitos en cada espacio de manera que uno por ejemplo controla las luminarias en el perímetro y otro las que están en el centro; o simplemente

que uno controle la mitad y el otro la otra mitad. Adicional a esto, se debe buscar un control que garantice que estas luminarias queden apagadas cuando no están en uso. Una opción puede ser con sensores de vacancia que logran leer cuando el espacio este desocupado y las apagan, o con un control horario que apague todo al final del día.

- Bodegas, baños, pasillos: Cada uno de los espacios debe poder ser controlado independientemente. Adicionalmente, se debe considerar ya sea sensores de movimiento que enciendan las luminarias cuando se detecta la presencia de un usuario, o como mínimo diseñar el sistema para que se pueda apagar todo al final del día con un control horario.

### Parámetros de iluminación interior recomendados

Estrategia	Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3 (A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco-Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
Densidad (LPD)	Límite máximo de 8 W/m <sup>2</sup>						
Eficiencia	Buscar un promedio de 100 lumen por Watt						
Control	Control on/off en cada espacio cerrado, e incluir un punto medio de iluminación entre 30%-70% de potencia únicamente en clases, cafeterías y salones multiuso. Sensores de vacancia o movimiento en todos los espacios, o se puede reemplazar con control horario que desconecte toda la iluminación cuando está desocupado.						

## Control de iluminación

Una estrategia adicional en control que puede permitir grandes ahorros es instalar un sistema de atenuación automático según la lectura de sensores de luz del espacio. El objetivo de estos sistemas es mantener el nivel de iluminación siempre igual, pero balanceando entre la luz artificial y la luz natural que entra al espacio. Entre mayor sea la cantidad de luz natural que entra al espacio, que depende del área de ventana, orientación y VLT del vidrio, menor será el uso de luz artificial y por ende el consumo de energía. El estándar ASHRAE 90.1-2010 recomienda que cuando el área lateral iluminada suma más de 25 m<sup>2</sup>, se instale un sistema de luz día con atenuación. El área lateral iluminada se calcula como el ancho de la ventana más 0.61 m de cada lado multiplicado por el alto medido desde el nivel de piso hasta el del borde superior de la ventana.

### Iluminación exterior

La iluminación exterior cumple varias funciones en los edificios para centros educativos, las cuales se pueden agrupar en iluminación arquitectónica, iluminación de paisajismo, iluminación para áreas de juego o espacios deportivos e iluminación de seguridad. Para todas las anteriores es importante cumplir criterios de ahorro energético y de control con el fin de lograr un balance sin comprometer la estética y la seguridad.

Se recomienda que la eficiencia promedio de todas las luminarias exteriores seleccionadas sea 100 Lum/W, es decir, que en promedio se entreguen 100 lúmenes de luz visible por cada watt

de potencia eléctrica demandada y una densidad de potencia general de al menos 25% por debajo del caso base (por ejemplo 1.1 W/m<sup>2</sup>) es decir, menos de 0.825 W/m<sup>2</sup> de superficie iluminada.

### Control de iluminación

Los siguientes puntos detallan criterios de control para la iluminación exterior:

- **Paisajismo:** Si cuenta con un diseño de paisajismo iluminado, se deberá controlar con un temporizador automático programable y se debe limitar el horario a unas pocas horas de la noche o bien a eventos especiales que requieran iluminación en un periodo definido.

- **Áreas de Juego o espacios deportivos:** Control manual, solamente para eventos específicos de uso nocturno.
- **Fachadas:** Controlar con un temporizador automático y se debe limitar el horario a unas pocas horas de la noche.
- **Iluminación de Seguridad:** Fococelda para control automático con el fin de que las luminarias enciendan en condiciones nocturnas o de poca luz natural.

### Parámetros de iluminación exterior recomendados

Estrategia	Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3 (A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco-Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
Densidad (LPD)	Límite máximo de 0.825 W/m <sup>2</sup>						
Eficiencia	Buscar un promedio de 100 lumen por Watt						
Control	Control on/off en con fococelda o reloj astronómico para iluminación de Seguridad. Control automático con temporizador para paisajismo y fachadas. Control manual para áreas de juego o espacios deportivos.						

Con el fin de proteger el cielo nocturno y disminuir el impacto que pueda tener la iluminación artificial en la vida silvestre nocturna es importante considerar que la iluminación exterior sea diseñada adecuadamente y evitar que las luminarias apunten su flujo luminoso hacia arriba.

## Sistemas de climatización

### Calefacción

Existen numerosos tipos de sistemas de calefacción que se pueden instalar en un proyecto, pero para efectos prácticos, se podrían catalogar en dos tipos: equipos que facilitan la conversión a calor, y equipos que mueven o bombean calor. Antes de ahondar en los tipos, es importante entender el concepto de COP o coeficiente de rendimiento y el concepto de eficiencia térmica. El COP se calcula de la siguiente forma:

$$C O P = \frac{|Q|}{W}$$

Donde

|Q|: calor útil removido o suministrado

W: Trabajo neto necesario

Mientras que la eficiencia térmica se calcula de la siguiente forma:

$$\eta = \frac{|Q_{OUT}|}{Q_{IN}}$$

Donde

|Q<sub>out</sub>|: calor útil

Q<sub>in</sub>: calor consumido

El término COP se utiliza para describir la eficiencia de sistemas que mueven o bombean calor mientras que el término de eficiencia térmica se utiliza para describir sistemas que facilitan la conversión a calor. Normalmente se requiere menos trabajo para bombear calor, y por esta razón los COP siempre son mayores a 1 (típicamente 2-4) mientras que la eficiencia térmica, como está condicionado a la primera ley de la termodinámica, siempre va a ser

menor a 1. Algunos ejemplos de equipos que facilitan la conversión a calor son: calefacción de gas de tiro balanceado, calderas, resistencias eléctricas, chimeneas, etc. Los equipos que mueven o bombean calor son las bombas de calor que pueden mover el calor a diferentes sumideros de calor como aire, tierra o agua.

Dicho lo anterior, se podría pensar que siempre un equipo tipo bomba de calor va a ser la opción más atractiva desde un punto de vista de eficiencia, pero no siempre es el caso por diferentes factores como costo inicial, costo de operación, disponibilidad de combustible, facilidad de mantenimiento, vida útil de los equipos, entre otros. Para efectos de este análisis, la recomendación es utilizar bombas de calor con un COP mínimo de 2.9, considerando la tendencia global necesaria y acordada en el Acuerdo de Paris, de transición hacia la electrificación.

## Enfriamiento o aire acondicionado

El mundo de aire acondicionado también es tan complejo como el de calefacción, donde se tienen muchos tipos de sistemas y muchas formas de representar eficiencia. Todos los sistemas de aire acondicionado usan de una u otra forma el ciclo de refrigeración, que al final es el mismo concepto de la bomba de calor descrita anteriormente, nada más que en lugar de bombear calor de afuera hacia adentro, en enfriamiento se bombea calor de adentro hacia afuera. En zonas climáticas donde se requiere tanto calefacción como aire acondicionado, una

bomba de calor suele ser la mejor opción porque resuelve el requerimiento con un solo equipo que tenga los dos modos de operación.

La forma la forma más común de representar eficiencia en aire acondicionado es COP o en EER. El COP se calcula igual que en el caso de calefacción, con la diferencia de que se usa calor removido en lugar de suministrado dividido trabajo neto. El EER, o Radio de Eficiencia Energética, se calcula igual que el COP, nada más que las unidades del numerador en el sistema inglés o Btu/h mientras que las unidades del denominador en sistema métrico o watts (W). Por lo tanto, considerando

un factor de conversión de 3.412 para pasar de W a btu/h, se tiene la siguiente ecuación.

$$\text{COP} \times 3.412 = \text{EER}$$

Por ejemplo, si se tiene un EER de 10, significa que el equipo puede remover al menos 10 Btu/h de calor por cada W de potencia eléctrica; y así entonces entre mayor sea, más eficiente es el equipo. Ahora, es importante entender que esta eficiencia se calcula considerando que el equipo trabaja al 100% de carga y bajo ciertas condiciones de temperatura. En la operación real, se estima que un equipo

a esas condiciones solo opera como el 2% del tiempo <sup>[35]</sup>, por lo tanto, evaluar un equipo solo por el EER deja descubierto el restante 98% del tiempo. En el 2015, se introdujo un nuevo término IEER que intenta representar de una manera más cercana a la realidad de operación la eficiencia de los sistemas. Los fabricantes usualmente incluyen la eficiencia en tanto EER como IEER, por lo tanto, no se espera que el usuario final tenga que realizar algún cálculo para obtenerlo. La tabla a continuación muestra la recomendación de EER y IEER que deben tener los equipos de aire acondicionado según la zona climática donde se encuentran.

Estrategia	Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3 (A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco-Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
Eficiencia aire acondicionado (EER)	11.5	11.2	11.2	11.2	N/A	N/A	N/A
Eficiencia aire acondicionado (IEER)	12	11.5	11.5	11.5	N/A	N/A	N/A

## Ventilación mecánica

La ventilación mecánica se da cuando por medio de equipos mecánicos como abanicos o inyectores se suministra aire fresco exterior a espacios internos. La cantidad de aire que se debe inyectar depende de la cantidad de personas, el tipo de uso que tenga el espacio y el área de este. La siguiente tabla incluye los valores correspondientes para centros educativos.

**Tasas de ventilación para centros educativos** <sup>[36]</sup>

Centros educativos	Tasa de ventilación por persona (RP) L/s por persona	Tasa de ventilación por área (Ra) L/s por m <sup>2</sup>
Maternal (menos de 4 años) Cuartos de enfermería maternal Clases de arte Laboratorios	5 L/s por persona	0.18 L/s por m <sup>2</sup>
Clases (de 5 años en adelante) Laboratorios de cómputo	5 L/s por persona	0.12 L/s por m <sup>2</sup>
Auditorios Salones multiuso	3.8 L/s por persona	0.06 L/s por m <sup>2</sup>
Cafetería y cocina	3.8 L/s por persona	0.12 L/s por m <sup>2</sup>

## Ventilación natural

La ventilación natural puede ser otra alternativa para brindar un ambiente sano a los estudiantes, pero también tiene sus particularidades. Se debe manejar con cuidado cuando se tienen zonas muy calientes o frías, donde el ingreso adicional de aire exterior puede representar un consumo excesivo en los equipos de aire acondicionado o calefacción respectivamente. Bajo ciertas condiciones exteriores, se puede aumentar la ventilación natural para lograr un efecto de enfriamiento en el cuerpo humano por la velocidad del aire. Determinar la viabilidad es complejo ya que se debe tomar en cuenta velocidades de aire exterior, aperturas de fachadas, orientación y geometría del edificio.

Los requerimientos de geometría para cumplir con ventilación natural son dos:

1. Distancia máxima a la ventana o apertura (H es altura del cielo).
  - a. 2xH - para espacios que tienen ventanas en un solo lado.
  - b. 5xH - para espacios que tienen ventanas operables en ambos lados, ya sean opuestos o esquineros.
2. Tamaño de la apertura: La porción operable de ventana debe ser al menos 4% del área del espacio. Si la ventilación se da por medio de un espacio, la apertura entre estos debe ser al menos 8% o un mínimo de 2.3 m<sup>2</sup>.

## Eficiencia en consumo de agua

### Agua caliente

El agua caliente puede llegar a ser uno de los consumos más importantes en un edificio dependiendo del uso. Para

edificios de Preescolar y Colegios, en muchos de los casos el agua caliente está limitada a los grifos de cocina y en caso de zonas frías, a los lavatorios de baños. La reducción del caudal de estos accesorios anteriormente mencionados representa un ahorro importante en la energía utilizada para la calefacción de agua potable.

Existen muchos sistemas y métodos para la calefacción de agua de un edificio, como lo son calderas de gas natural, bunker o LPG, calentadores con bombas de calor, etc. Para este estudio, dada la poca demanda que se especificó debido a que no se incluyen duchas para los estudiantes, se eligió un sistema de calentador de paso eléctrico estándar con una eficiencia del 90%.

Sistemas de calefacción de agua

Estrategia	Extremadamente caliente 0 (A-B)	Muy caliente 1 (A-B)	Caliente 2 (A-B)	Cálido 3 (A-B-C)	Mixto 4 (A-B-C)	Fresco-Templado 5 (A-B-C)	Frío 6 (A-B)
Calentador - Lavamanos	No requiere agua caliente				Calentador eléctrico de paso con eficiencia del 90%		
Calentador - Grifo de cocina	Calentador eléctrico de paso con eficiencia del 90%						



## Sistemas de Calefacción Solar

Se recomienda el uso de Sistemas de Calefacción Solar en Centros Educativos en los cuales se cuente con duchas para los estudiantes y estos representen un consumo operativo importante. Existen varios tipos de sistemas, los cuales se dividen en sistemas solares de calentamiento de agua: activos, que tienen bombas de circulación y controles, y pasivos, que no los tienen ya que funcionan con gravedad utilizando el efecto sifón.

Los sistemas solares de calentamiento de agua casi siempre requieren un sistema de respaldo para los días nublados y los momentos de mayor demanda. Los calentadores de agua de almacenamiento convencionales generalmente brindan respaldo y es posible que ya formen parte del paquete del sistema solar. Un sistema de respaldo también puede ser parte del colector solar, como tanques de techo con sistemas de termosifón. Dado que un sistema de almacenamiento de colector integral ya almacena agua caliente además de recolectar calor solar, se puede emparejar con un calentador de agua a demanda (sin tanque o instantáneo) como respaldo <sup>[37]</sup>.



## Calentador de agua con bomba de calor

A diferencia de un calentador de agua tradicional, un calentador de agua con bomba de calor usa electricidad para mover el calor existente de un lugar a otro en lugar de generar calor directamente. Muchos proyectos suelen utilizar bombas de calor para calentar y enfriar los espacios, pero también se pueden utilizar como un sistema de calentamiento de agua independiente o en un sistema combinado para agua caliente y acondicionamiento de espacios. Los sistemas de Bombas de Calor (Heat Pumps) también pueden resultar un ahorro importante para la producción de agua caliente <sup>[38]</sup>.

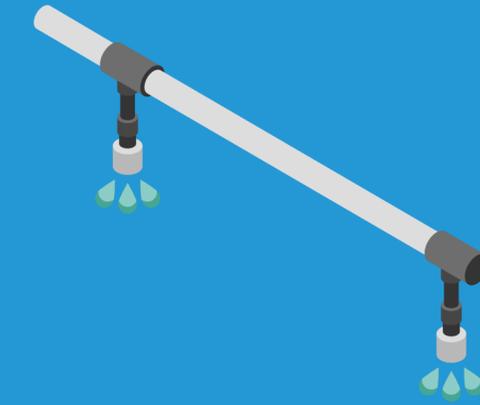
## Equipamientos y accesorios sanitarios

Los equipamientos sanitarios son puntos estratégicos para optimizar el consumo de agua, existen tecnologías que permiten controlar los caudales de salida. El caudal de los accesorios de plomería se describe como litros por minuto (l/m), el cual corresponde a la cantidad de agua que sale del mismo en un periodo de 60 segundos.

A continuación, se detallan lineamientos de consumo para diferentes equipos sanitarios aplicables a todos los tipos de clima.

Valores de caudales recomendados de accesorios para baños y cocina litros por minuto /descarga

<b>Grifería de lavamanos</b>	2 l/min con aireador 0.8 l/ciclo de tipo cierre automático
<b>Servicios Sanitarios</b>	4.8 l/descarga para tanque simple o fluxómetro 3 y 6 l/descarga para tanque doble
<b>Bidet</b>	2 l/min
<b>Urinales</b>	0.5 l/descarga o secos
<b>Grifos de cocina</b>	6 l/min
<b>Duchas</b>	6 l/min



## Riego por goteo

El riego por goteo es una de las estrategias recomendadas para lograr la eficiencia y control en el consumo de agua potable para las zonas verdes de los prescolares y colegios. Además, se debe considerar fuentes alternas de consumo de agua para el mismo, tal es el caso de agua tratada de una planta de tratamiento en caso de existir la posibilidad.

# Bibliografía y/o referencias

- 1** United Nations Environment Programme. (2022). 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Obtenido de <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>
- 2** AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023 (IPCC) <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- 3** Estado del clima en América Latina y el Caribe 2021 [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=11271](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11271)
- 4** American Institutes for Research, SRI International. 2005. <https://docs.gatesfoundation.org/documents/year4evaluationairsri.pdf>; Leithwood, K., and D. Jantzi. 2009. "A Review of Empirical Evidence About School Size Effects: A Policy Perspective." *Review of Educational Research* 79 (1): 464-90; Schady, Norbert and Paxson, Christina H., Do School Facilities Matter? The Case of the Peruvian Social Fund (Foncodes) (November 1999). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=629160>
- 5** Leithwood, K., and D. Jantzi. 2009. "A Review of Empirical Evidence About School Size Effects: A Policy Perspective." *Review of Educational Research* 79 (1): 464-90; Gershenson, S., and L. Langbein. 2015. "The Effect of Primary School Size on Academic Achievement." *Educational Evaluation and Policy Analysis* 37 (1S): 135S-55S.
- 6** Barrett, P., Y. Zhang, F. Davies, and L. Barrett. 2015. *Clever Classrooms: Summary Report of the HEAD Project*, University of Salford: Salford.
- 7** Acemoglu, D. y Autor, D. (2012). What Does Human Capital Do? A Review of Goldin and Katz's *The Race between Education and Technology*. *Journal of Economic Literature* 50(2), 426-463; Busso, M., Cristia, J., Hincapié, D., Messina, J., Ripani, L. (2017). *Aprender mejor: Políticas públicas para el desarrollo de habilidades*. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo; Hanushek, E.A. y Woessmann, L. (2012). *Schooling, Educational Achievement, and the Latin American Growth Puzzle*. *Journal of Development Economics* 99(2). 497-512; Lee, D-W., and T-H. Lee. 1995. "Human Capital and Economic Growth: Tests Based on the International Evaluation of Educational Achievement." *Economics Letters* 47 (2): 219-25; Hanushek, E. A., y D. D. Kimko. (2000). "Schooling, Labor-Force Quality, and the Growth of Nations." *American Economic Review* 90 (5): 1184-1208; y Barro, R.J. (2001). *Human Capital and Growth*. *American Economic Review* 91 (2). 12-17.
- 8** Duarte, Jaureguiberry y Racimo (2017) *Suficiencia, equidad y efectividad de la infraestructura escolar en América Latina según el TERCE*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- 9** BID (2020) Documento de Marco Sectorial de Desarrollo de Habilidades. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=EZSHARE-2000785713-4>
- 10** Abizanda, B., Almeyda, G., Arias Ortiz, E., Berlanga, C., Bornacelly, I., Bos, M. S., Díaz, E., Dueñas, X., Elacqua, G., Elías, A., Fernández-Coto, R., Frisancho, V., García Moreno, V. A., Hernández Cardozo, J. C., Hincapie, D., Margitic, J. F., Marotta, L., Mateo-Berganza Díaz, M., Morduchowicz, A., Muñoz, F., Näslund-Hadley, E., Ruiz-Arranz, M., Thailinger, A., Valverde

Rodríguez, F. J., Vezza, E. and Zoido, P. (2022) ¿Cómo reconstruir la educación postpandemia? Soluciones para cumplir con la promesa de un mejor futuro para la juventud. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/como-reconstruir-la-educacion-postpandemia-soluciones-para-cumplir-con-la-promesa-de-un-mejor>

**11** GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Latin America [https://iea.blob.core.windows.net/assets/83b8b080-ec5e-46f1-a907-9e2f934e9094/GlobalABC\\_Regional\\_Roadmap\\_for\\_Buildings\\_and\\_Construction\\_in\\_Latin\\_America\\_2020-2050.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/83b8b080-ec5e-46f1-a907-9e2f934e9094/GlobalABC_Regional_Roadmap_for_Buildings_and_Construction_in_Latin_America_2020-2050.pdf)

**12** Sección basada en Bos y Schwartz. 2023. Educación y Cambio Climático ¿Cómo desarrollar habilidades para la acción climática en la edad escolar? Banco Interamericano de Desarrollo.

**13** Organización Meteorológica Mundial. 2021. “Estado del clima en América Latina y el Caribe 2020”. OMM n.º 1272. Ginebra: OMM. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10877](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10877) .

**14** Banco Interamericano de Desarrollo y Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2021. “Evaluación de los efectos e impactos de la tormenta tropical Eta y el huracán Iota en Honduras”. Nota técnica n.º IDB-TN-2168 del BID. Washington, DC: Banco Interamericano

de Desarrollo (BID). <https://publications.iadb.org/es/evaluacion-de-los-efectos-e-impactos-de-la-tormenta-tropical-eta-y-el-huracan-iota-en-honduras>

**15** Organización Meteorológica Mundial. 2022. “Estado del clima en América Latina y el Caribe 2021”. OMM n.º 1295. Ginebra: OMM. [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=11271](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11271); y Castellanos, E., M. F. Lemos, L. Astigarraga, N. Chacón, N. Cuvi, C. Huggel, L. Miranda, M. Moncassim Vale, J. P. Ometto, P. L. Peri, J. C. Postigo, L. Ramajo, L. Roco y M. Rusticucci. 2022. “Central and South America”. En: “Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change” [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge y Nueva York, NY: Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

**16** San Juan, G., S. Hoses y I. Martini. 2014. “Aprendizajes en las escuelas del siglo XXI: nota 5. Auditoría ambiental y condiciones de confort en establecimientos escolares”. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17002/aprendizaje-en-las-escuelas-del-siglo-xxi-nota-5-auditoria-ambiental-y>

**17** Minoja, L., L. Fernández y R. Yurivilca. 2018. “Hacia el 30% de financiamiento climático: ¿Cómo pueden contribuir los edificios? Lineamientos para la incorporación y contabilización de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático”. Nota técnica n.º IDB-TN-1458 del BID. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://publications.iadb.org/es/hacia-el-30-de-financiamiento-climatico-como-pueden-contribuir-los-edificios-lineamientos-para-la>

**18** Rieckman, M. 2018. “Learning to Transform the World: Key Competencies in Education for Sustainable Development.” En A. Leicht, J. Heiss y J. B. Won (eds.): “Issues and Trends in Education for Sustainable Development.” (pp. 39-59). París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); Malone, K. y P. J. Tranter. 2003. “School Grounds as Sites for Learning: Making the Most of Environmental Opportunities”. Environmental Education Research, 9(3); K12 Climate Action Commission. 2021. “K12 Climate Action Plan 2021”. Washington, DC: The Aspen Institute. <https://www.thisisplaneted.org/img/K12-ClimateActionPlan-Complete-Screen.pdf>

**19** Borrmann, A. (2018). Building Information Modeling – Why? What? ReserchGate, 1-3.

**20** Dónde SI , Dónde NO Guía para la selección de terrenos para construir infraestructura social <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/DondeSiDondeNo.pdf>

**21** Think Hazard. (2022). Think Hazard. Obtenido de Global Facility for Disaster Reduction and Recovery: <https://thinkhazard.org/en/>

**22** San Juan, G., S. Hoses y I. Martini. 2014. “Aprendizajes en las escuelas del siglo XXI: nota 5. Auditoría ambiental y condiciones de confort en establecimientos escolares”. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17002/aprendizaje-en-las-escuelas-del-siglo-xxi-nota-5-auditoria-ambiental-y> ; Givoni, B. (1969). Climate and architecture. Amsterdam; London; New York: Ed. Elsevier.

**23** Berglund, Birgitta, Lindvall, Thomas, Schwela, Dietrich H & World Health Organization. Occupational and Environmental Health Team. (1999). Guidelines for community noise. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217> ; San Juan, G., S. Hoses y I. Martini. 2014. “Aprendizajes en las escuelas del siglo XXI: nota 5. Auditoría ambiental y condiciones de confort en establecimientos escolares”. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

<https://publications.iadb.org/es/publicacion/17002/aprendizaje-en-las-escuelas-del-siglo-xxi-nota-5-auditoria-ambiental-y> .

**24** San Juan, G., S. Hoses y I. Martini. 2014. "Aprendizajes en las escuelas del siglo XXI: nota 5. Auditoría ambiental y condiciones de confort en establecimientos escolares". Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17002/aprendizaje-en-las-escuelas-del-siglo-xxi-nota-5-auditoria-ambiental-y>

**25** Becqué, R., D. Weyl, E. Stewart, E. Mackres, L. Jin, and X. Shen. 2019. "Accelerating Building Decarbonization: Eight Attainable Policy Pathways to Net Zero Carbon Buildings for All." Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at <https://www.wri.org/publication/accelerating-building-decarbonization>

**26** The American Institute of Architects. (2022). Renovating Buildings to Protect the Climate and Rejuvenate Communities. Obtenido de Blueprint for Better: <https://blueprintforbetter.org/articles/renovating-buildings-to-protect-the-climate-and-rejuvenate-communities/>

**27** Building Resilience Index. (2021). User Guide. Version 1.0.0. (Updated on 27.10.2021), All.

**28** National Institute of Building Sciences. (01 de December de 2019). *NATURAL HAZARD MITIGATION SAVES: 2019 REPORT*. Obtenido de nibs.org: <https://www.nibs.org/projects/natural-hazard-mitigation-saves-2019-report>

**29** NOAA. (08 de 08 de 2022). Wildfire climate connection. Obtenido de <https://www.noaa.gov/noaa-wildfire/wildfire-climate->

**30** ASHRAE. (2021). ANSI/ASHRAE Standard 169-2021. Climatic Data for Building Design Standards, All.

**31** ASHRAE. (2022). Standard 90.1 Portal. Obtenido de <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-90-1>

**32** EDGE. (2020). EDGE. EDGE User Guide Version 3.0.a, All.

**33** EPA. (2022). Las Islas de Calor. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/las-islas-de-calor>

**34** <https://www.deansteelbuildings.com/products/panels/sr-sri-by-color/>

**35** AHRI. (2022). AHRI Standard 340/360-2022 (I-P). Performance Rating of Commercial and Industrial Unitary Air-conditioning and Heat Pump Equipment, 12.

**36** ASHRAE. (2010). ASHRAE Standard 62.1-2010. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, All.

**37** U.S. Department of Energy. (2022). Obtenido de Solar Water Heaters: <https://www.energy.gov/energysaver/solar-water-heaters>

**38** Crail, C. (s.f.). Heat Pump Water Heaters: Complete Guide, Pros and Cons and More. Obtenido de Forbes Home: <https://www.forbes.com/home-improvement/plumbing/heat-pump-water-heaters/>

# ESCUELAS VERDES

Lineamientos para el diseño de  
infraestructura escolar sostenible,  
baja en carbono y resiliente.



Eric Fischel, Alexandra Alvear, Livia Minoja, Liora Schwartz, Soledad Bos

