

- ▲ **Palabras clave/** Arquitectura bioclimática, arquitectura sostenible, protección solar, control solar.
- ▲ **Keywords/** Bioclimatic architecture, sustainable architecture, solar protection, solar control.
- ▲ **Recepción/** 10 de mayo 2023
- ▲ **Aceptación/** 03 de abril 2024

Dimensionamiento de parasoles según zonas bioclimáticas en Perú

Sunshade Sizing According to Bioclimatic Zones in Peru

Martin Wieser

Arquitecto, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
Doctor en Energías y Medio ambiente en Arquitectura, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
Profesor principal del Departamento de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP, Lima, Perú.
mwieser@upcp.edu.pe

Gabriela López-Alonso

Arquitecta, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
Magister en Arquitectura y Sostenibilidad, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
Profesora de la Facultad de Arquitectura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
pcarmloa@upc.edu.pe

Maria-Fernanda Flores

Bachiller en Arquitectura,
Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú
mariafermandafllu@gmail.com

Milagros Aquino

Arquitecta, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
Metrópolis Oficina de Arquitectura, Lima, Perú
maquino@metropolisperu.com

Francisco Guerra

Bachiller en Arquitectura, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
Archicenter Arquitectos, Lima, Perú
francisco.guerra@archicenterg3studio.com

Patricia Moreno

Estudiante de arquitectura, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
patricia.morenot@urp.edu.pe

RESUMEN/ La protección solar exterior es una de las estrategias bioclimáticas más importantes en climas cálidos y templados cuyo fin es evitar el sobrecalentamiento interior y la consecuente falta de confort térmico de los ocupantes. El presente documento pretende identificar objetivamente los momentos del año y del día cuando se debe considerar la protección solar, en función del clima y de la latitud en la que se emplaza el edificio en el territorio peruano. El procedimiento no solamente permite reconocer las orientaciones ideales y ayudar en el dimensionamiento del parasol, sino que ha logrado evidenciar la necesidad de recuperar la cultura del sombreado de los vanos en gran parte de un territorio particularmente diverso y singular como el peruano. **ABSTRACT/** External solar protection is one of the most important bioclimatic strategies in hot and temperate climates to avoid indoor overheating and the consequent thermal discomfort for dwellers. This document aims to objectively identify the times of the year and of the day when solar protection should be considered, depending on the building's climate and location latitude in Peru. In addition to identifying ideal orientations and helping in sunshade sizing, the procedure has evidenced the need to recover the shading culture in the window openings in a particularly diverse and singular setting such as the Peruvian territory.

INTRODUCCIÓN

La protección solar exterior en ventanas es una de las estrategias más importantes en climas cálidos cuyo fin es evitar el sobrecalentamiento al interior de los edificios. Existe consenso en que la protección de la radiación solar, junto con la ventilación en climas cálido-húmedos y la masa térmica en climas cálido-secos, es el recurso ideal para lograr espacios confortables (Givoni, 1998; Serra, 2004; Szokolay, 2012; Brown y DeKay, 2013; Lechner y Andrasik, 2021). Esta

estrategia es igualmente imprescindible para evitar mayores cargas térmicas indeseables en ambientes con sistemas artificiales de enfriamiento, permitiendo así ahorros importantes en energía (Al-Tamimi y Fadzil, 2011; Valladares-Rendón *et al.*, 2017).

El protagonismo de los vanos de ventana ha sido una constante incuestionable desde la existencia de los primeros edificios. Desde su utilidad en cuanto a permitir el ingreso de luz, viento o calor por radiación, pasando por la importancia del vínculo visual hacia

y desde el interior, hasta las implicancias compositivas de las fachadas. En climas cálidos y templados, la protección solar fue siempre una estrategia incorporada en la arquitectura vernácula. En el caso específico de la ciudad de Lima, las construcciones prehispánicas de muros anchos y vanos pequeños evitaban el ingreso descontrolado del sol. La posterior influencia árabe en la arquitectura virreinal incorporó las celosías y mantuvo dimensiones de vano relativamente pequeñas, asegurando así ambientes confortables y una cierta



Figura 1. Vista de la Plaza Mayor de Lima con tolderías y balcones con celosías. Grabado de Leonce Angrand, mediados del siglo XIX (fuente: Leonce Angrand. Imagen del Perú en el siglo XIX, Carlos Milla Bartres (editor), 1972).

penumbra que resulta agradable en climas calurosos y extremadamente luminosos (Agüero, 2009), (figura 1). Varios autores han puesto énfasis en la necesidad de que la protección debe ser exterior para efectos de evitar el sobrecalentamiento, entre ellos Ignacio Paricio (1997), Luis Miró Quesada (2003) o Evola *et al.* (2017). En la medida en que los elementos de control solar sean interiores, como cortinas o persianas, estas evitarán deslumbramientos y la incidencia directa de la radiación sobre las personas, pero no impedirán que la temperatura interior ascienda: el calor atraviesa el elemento traslúcido y calienta los objetos interiores, y posteriormente el aire por convección. El uso extendido del cristal desde mediados del siglo XIX, el descubrimiento de nuevas tecnologías de climatización e iluminación artificial y la consolidación desde inicios del siglo XX de una arquitectura internacional poco

sensible a condicionantes y manifestaciones locales, ha llevado en la actualidad no solo a un estado de confusión respecto de la pertinencia de las formas edificatorias que se replican en lugares tan disímiles y distantes, sino también a una crisis ambiental que obliga a replantear la forma de diseñar en ámbitos tan particulares y diversos como los nuestros. No faltaron ideas e iniciativas que daban importancia al control solar en el siglo XX, desde proyectos singulares de arquitectos como Frank Lloyd Wright o Alvar Aalto, hasta el *brise-soleil* de Le Corbusier y de arquitectos modernos brasileños como Costa o Niemeyer pero no tuvieron, lamentablemente, en nuestro medio, la capacidad de influir en la cultura constructiva local, convirtiendo las soluciones de protección solar como toldos, persianas o celosías en elementos generalmente incómodos, intrusivos e incompatibles con la estética moderna.

Insistía Ignacio Paricio (1999) –en relación con “la presión simbólica de la arquitectura del muro cortina”– que representa un poder y una modernidad importada de latitudes más frías: “Hoy ya no es razonable en ningún país europeo, y en el nuestro menos que en ninguno, proyectar superficies acristaladas de cierto tamaño olvidando la importancia de los aportes solares veraniegos o suponiendo que será razonable, o simplemente posible, compensarlos con una instalación de refrigeración” (p. 8). Y lo decía para un país como España, que por latitud recibe una radiación considerablemente menor que el nuestro.

Certificaciones y normativas

En la mayoría de las certificaciones y normativas internacionales sobre confort y eficiencia energética la protección solar no es un aspecto considerado de manera específica, pero su incorporación influye directamente en el ahorro de aire acondicionado en climas cálidos. En el caso del ámbito peruano, las tres certificaciones más utilizadas en la actualidad son LEED¹, EDGE² y MiVivienda Verde³. En la primera, como se indicó, no se hace referencia explícita a la protección solar, pero su incorporación en el proyecto ayuda a disminuir considerablemente la demanda energética en verano en lugares cálidos, e influye en la categoría Energía y Atmósfera, que es la que mayor puntaje aporta a la certificación. En la segunda, además de motivar una proporción adecuada de superficie vidriada en la fachada, sí se toma en cuenta y valora la presencia de dispositivos de protección solar externos. Por último, la certificación MiVivienda VERDE exige de manera genérica la reducción de la ganancia inmediata de calor por radiación solar en ventanas, sin precisar la forma en que se debe alcanzar este objetivo.

1 LEED es una certificación promovida por el Consejo de Construcciones Verdes de Estados Unidos (*U.S. Green Building Council*).

2 EDGE Building Certification es una certificación desarrollada al alero de la Corporación Financiera Internacional (IFC) del Grupo Banco Mundial.

3 El bono MiVivienda Verde es un beneficio económico adicional que premia las propuestas que cumplen con ciertos requisitos de sostenibilidad.

En cuanto a las normativas locales, cabe mencionar la norma EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética (2014), que forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones; esta fue aprobada como de aplicación optativa, pero nunca llegó a convertirse en obligatoria. Su actualización es inminente, pero resulta importante mencionar que contiene un anexo "informativo" sobre control solar. En él se menciona que la protección solar incide sobre la iluminación, el deslumbramiento y el sobrecalentamiento, y que estas condiciones deben ser consideradas para tomar una decisión final según el clima del lugar. Sin embargo, la protección sugerida responde únicamente a la latitud y no a la zona climática. También se indica que en todos los casos se ha calculado la protección necesaria en base a unas horas preestablecidas: entre las 9:00 y las 15:00 horas, no siendo sensible a las condiciones exteriores específicas. Con todo ello, los ángulos resultan arbitrarios, sugiriendo en muchos casos elementos notoriamente insuficientes en climas muy cálidos y sobredimensionados para climas fríos.

Diversidad climática del territorio peruano

El territorio peruano es muy diverso en cuanto a condiciones geográficas y climáticas. Aun así y debido a que se encuentra en la zona tropical, algunos aspectos recurrentes son la alta incidencia solar durante todo el año y la escasa oscilación térmica estacional. Tradicionalmente, Perú se ha dividido siempre en costa, sierra y selva; una simplificación a veces necesaria, pero a la vez limitada para entender un territorio tan complejo. Tres "franjas" que recorren longitudinalmente el territorio, condicionado fuertemente por la presencia de la cordillera de los Andes. Hacia el oeste y alineada mayormente a un mar frío, está la costa desértica; hacia el este, formando parte de la gran llanura amazónica, se encuentra la selva tropical; separando ambas regiones, asociada a las grandes altitudes y a una topografía montañosa, se ubica la sierra. Se procurará a continuación detallar mejor estas condiciones basándonos

en la clasificación climática para efectos de diseño arquitectónico propuesta por Wieser (2011) y que utilizaremos para el presente estudio.

La clasificación climática mencionada divide el país en ocho zonas, las que responden principalmente al factor de la altitud. Superponiendo sobre un ábaco psicrométrico del aire las condiciones de temperatura y humedad relativa máxima y mínima media de cada mes de alrededor de 50 localidades del país, dichas líneas se agruparon en función de su posición. De esa manera, no solamente se identificaron las ocho zonas climáticas, sino que se identificaron unos límites entre ellas que, como era de prever, coinciden principalmente con el factor de la altitud. Las particularidades de cada una de estas zonas se describen a continuación.

La región que recorre a lo largo del litoral peruano, comúnmente conocida como Costa Peruana, abarca tres zonas bioclimáticas para efectos de diseño arquitectónico: la zona Litoral Tropical (1), pequeña región costera al norte del país que presenta clima marítimo cálido y húmedo, con lluvias estacionales y brisas marinas; la zona Litoral Subtropical (2) que, a pesar de su cercanía a la Línea Ecuatorial, por estar influenciada directamente por la corriente fría de Humboldt, tiene clima moderado, expuesto a la brisa marina fresca y húmeda, con veranos ligeramente cálidos y soleados e inviernos ligeramente fríos, con recurrencia de neblina y nubosidad baja debido al fenómeno de inversión térmica; por último, la zona Desértica (3), alejada del mar a partir de unos 15 km o por encima de los 200 m.s.n.m., exceptuando las zonas de lomas donde la brisa marina pierde fuerza, el clima se vuelve más continental, con oscilaciones térmicas diarias más marcadas, menor humedad relativa y mayor presencia de radiación solar directa todo el año. Este último se puede catalogar como un típico clima cálido-seco, sin llegar a la rigurosidad que suele tener en otras latitudes.

En ambas vertientes de la cordillera de los Andes, a partir de los 1.000 metros de altitud, encontramos los climas continentales

asociados a las partes altas de la cordillera. Continental Templado (4) hasta los 2.300 m.s.n.m., Continental Frío (5) hasta los 3.500 m.s.n.m. y Continental Muy Frío (6) por encima de esa altitud. Las temperaturas nocturnas en el invierno suelen estar alrededor de los 10° C en el primer clima, cerca de los 0° C en el segundo y por debajo de los 0° C en el tercero. En todos los casos la oscilación térmica es marcada entre el día y la noche, la humedad relativa suele ser baja y la estacionalidad es moderada o casi imperceptible en la zona norte, la que se evidencia más en el régimen de lluvias y en las temperaturas nocturnas. En relación con la vertiente oriental, principalmente en el clima Continental Templado, las temperaturas y la humedad relativa son sensiblemente mayores. Los climas fríos de Perú, también conocidos como fríos tropicales de altura, se distinguen mucho de aquellos asociados a latitudes mayores, ya que registran temperaturas moderadas durante las horas cercanas al mediodía, días relativamente largos en invierno y presencia de alta radiación solar durante todo el año.

Por último, los climas de Selva Tropical Alta (7) y Selva Tropical Baja (8) se encuentran en la vertiente oriental de la cordillera. Con lluvias abundantes, altas temperaturas diurnas y alta humedad relativa, lo que las diferencia es la oscilación térmica diaria, siendo esta moderada en la parte alta con presencia de noches frescas, y reducida en la baja con noches templadas. El clima de la Selva Tropical Baja es equivalente a los climas comúnmente conocidos como cálido-húmedos o ecuatoriales.

Identificación del momento de protección

Es importante mencionar que una protección solar insuficiente o inexistente en una situación que la requiere implica sobrecalentamiento o mayor consumo de energía para enfriamiento, mientras que un exceso de protección resulta en una reducción de la iluminación natural y en la disminución innecesaria de visuales hacia el exterior. Por eso diversos autores han sugerido diferentes métodos para identificar

los momentos del año y las horas del día en que la radiación solar no debería ingresar a través de un vano de ventana. Víctor Olgyay (1963) propuso dicho límite cuando la temperatura exterior supere el límite inferior de la zona de confort (21° C aproximadamente en zonas templadas). Szokolay (1996 y 2012) plantea un método asociado a la temperatura de confort; lo relaciona con las temperaturas exteriores, apoyándose en la aproximación adaptativa del confort térmico. Indica que el ingreso de radiación puede ser tolerado hasta que la temperatura exterior sea igual a la temperatura neutra del mes más frío; por encima de esa temperatura debería ser evitada, mientras que por encima de la temperatura neutra del mes más cálido la radiación solar no debería ingresar de ninguna manera. Este método será utilizado en la presente investigación por la sencillez y contundencia de su lógica, y por su relativa facilidad de aplicación.

Dada la mayor disponibilidad de datos climatológicos y las amplias posibilidades que brindan los programas informáticos, se plantean procedimientos nuevos y más complejos para identificar los momentos en los que se hace necesaria la protección solar (Kirimtat *et al.*, 2016). Dos ejemplos de dichos procedimientos los presenta Reinhart (2014): el primero consiste en identificar aquellos meses en los que los grados día de refrigeración (CDD) superan los grados día de calefacción (HDD), mientras que el segundo se basa en el balance térmico generado por programas informáticos de simulación térmica dinámica que permiten identificar los momentos del año en los que se utiliza energía para calentar o enfriar el edificio. Mientras que la primera propuesta no permite la identificación exacta de las horas a proteger en cada día, la segunda requiere de datos climáticos fiables en formatos de clima preestablecidos (archivos con extensión

'epw', Energyplus Weather file), con los que no contamos en nuestro medio.

METODOLOGÍA

El primer paso consistió en la recopilación de datos climáticos de la mayor cantidad de localidades que el servicio meteorológico nacional (SENAMHI) tiene a disposición en su portal de Internet⁴. Se consideraron y sistematizaron un total de 152 estaciones meteorológicas (figura 2), agrupándolas en función de la similitud en cuanto a los valores de temperaturas máximas y mínimas medias.

Con ello se pudo validar la clasificación propuesta por Wieser (2011), además de proponer dos cambios en la medida del objetivo del presente estudio. La elección de los valores de temperatura del aire para la presente clasificación responde a la propia metodología, que requiere la identificación de la temperatura neutra a partir de la aproximación adaptativa del confort térmico. El primero de los cambios incorporados fue la unificación de los climas Litoral Tropical y Selva Tropical Baja, en la medida en que las similitudes en el comportamiento de

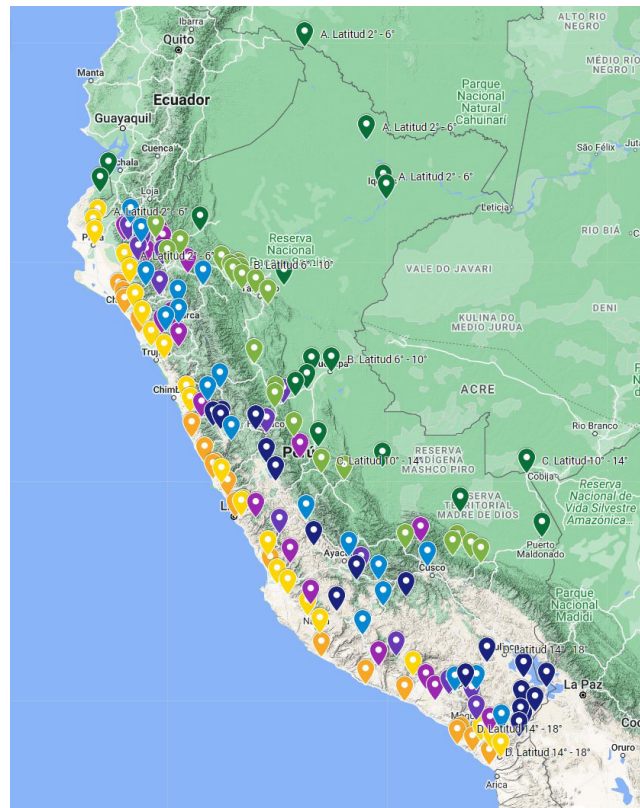


Figura 2. Mapa con las localidades consideradas para la clasificación (fuente: Map Data: Google, © 2002 INEGI).

4 <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

ZONA CLIMÁTICA	CARACTERÍSTICAS Y LÍMITES
1. Litoral sub-tropical	Franja costera desértica influenciada por la brisa marina de aguas frías. Alejada hasta alrededor de 15 km del litoral y hasta 200 m.s.n.m.
2. Desértico	Zona desértica ligeramente alejada del mar y clima continental moderado. Entre la zona previa y 1.000 m.s.n.m.
3. Continental templado bajo	Zona de clima continental de días calurosos y noches frescas, entre 1.000 y 1.800 m.s.n.m.
4. Continental templado alto	Zona de clima continental de días templados y noches ligeramente frías, entre 1.800 y 2.300 m.s.n.m.
5. Continental frío	Clima tropical de altura con días frescos y noches frías, por encima de 2.300 m.s.n.m.
6. Continental muy frío	Clima tropical de altura con días ligeramente fríos y noches muy frías, bajo 0° C. Altitud por encima de 3.500 m.s.n.m.
7. Tropical alto	Zona de estribaciones andinas de la vertiente oriental de los andes, con clima tropical de días cálidos y noches frescas. Entre 500 y 1.000 m.s.n.m.
8. Tropical bajo	Llanura amazónica y costa norte, con clima tropical de días calurosos y noches templadas. Ubicado por debajo de 500 m.s.n.m.

Tabla 1. Clasificación climática de Perú para efectos de protección solar

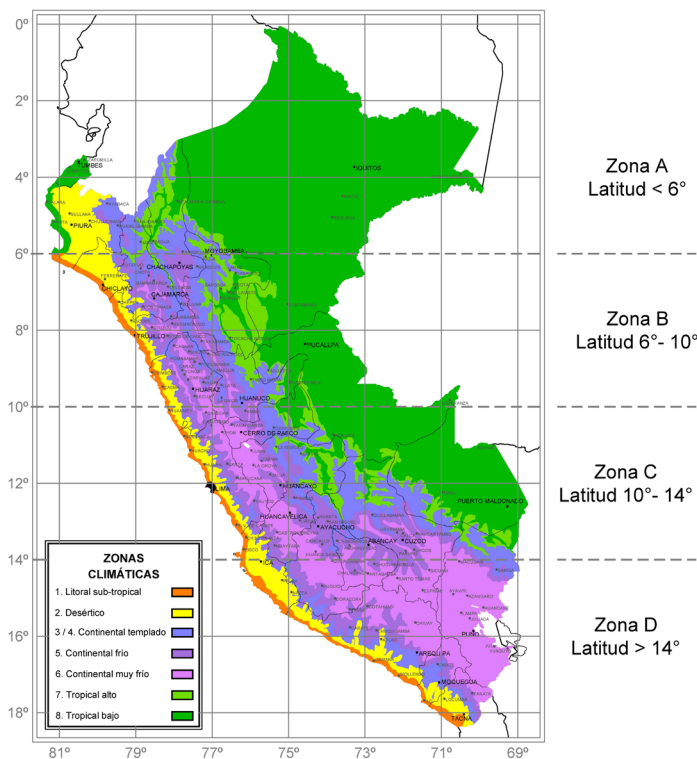


Figura 3. Clasificación de Perú en zonas climáticas y latitudinales para efectos de protección solar (fuente: elaboración propia, 2023).

las temperaturas arrojaron resultados muy similares en cuanto a las temperaturas de confort y, por extensión, los requerimientos de la estrategia específica de protección solar terminan siendo los mismos; se le denomina en adelante Tropical Bajo. Una segunda modificación fue la incorporación de una zona adicional en el clima Continental Templado, ya que se identificó que las variaciones entre las temperaturas de las zonas más bajas frente a las más altas eran evidentes (tabla 1). Por último, se incorporó una zonificación transversal de cuatro zonas vinculadas a las latitudes, tanto por las ligeras diferencias que se van dando en las propias condiciones de temperatura, como por la variación que tiene el recorrido solar. El resultado de dicha zonificación se puede ver en la tabla 1 y en la figura 3.

Una vez agrupadas las localidades y validadas las similitudes en el comportamiento anual de las temperaturas, se procedió a promediar dichos valores para obtener las temperaturas máximas y mínimas medias mensuales de cada una de las zonas. A partir de este punto, se aplica el procedimiento propuesto por Szokolay (2012) para identificar los momentos del año en los que hay que proteger las ventanas de la radiación solar directa en cada una de las zonas planteadas (según el autor, *shading period* o período de sombra y *overheating period* o período de sobrecalentamiento). Para ello, con base en las temperaturas mensuales, se identificó la temperatura neutra o de confort en cada uno de los meses del año. Cabe mencionar que las teorías alrededor del confort adaptativo se basan en la evidencia estadística de la existencia de una relación entre la sensación de neutralidad térmica interior y las condiciones exteriores de temperatura, y que estas están relacionadas principalmente con la capacidad de adaptación de las personas en múltiples ámbitos, desde la postura o la ropa, hasta la posibilidad de cambiar de lugar o la condición de ventilación de un espacio (Humphreys et al., 2015).

Se calculó la temperatura neutra para ciudades emblemáticas de climas representativos

(Lima, Ica, Cusco e Iquitos) sobre la base de fórmulas de confort adaptativas propuestas por autores como De Dear y Brager (1998) o Nicol y Humphreys (2002); los resultados fueron muy similares y se optó por utilizar la primera de ellas debido a una mayor correspondencia entre los valores obtenidos y las características de la propia arquitectura tradicional. La fórmula propuesta se presenta a continuación (fórmula 1), donde T_N es la

temperatura neutra o de confort, y E_T es la temperatura efectiva media mensual exterior: promedio aritmético de la temperatura mínima y máxima de cada mes.

$$T_N = 18,9 + 0,255 \times E_T \quad [1]$$

Calculadas las temperaturas neutras de cada uno de los meses del año, se identificaron la más baja y la más alta, siendo la primera

de ellas el valor de temperatura exterior a partir del cual se recomienda la protección solar (protección solar deseable, PSD) y la segunda de ellas el valor a partir del cual la protección solar es imprescindible (protección solar necesaria, PSN). Con esta información, y habiendo obtenido los valores promedio de temperatura horaria de cada una de las zonas climáticas y latitudinales a partir del método propuesto por Campbell y Norman (1998), se pueden presentar gráficamente los momentos del día y de cada mes, para cada zona latitudinal y climática, en los que la protección solar es deseable y necesaria (figura 4).

Estos resultados obtenidos en la hoja de cálculo se trasladan gráficamente sobre una proyección solar polar equidistante que permite no solo ver con mayor claridad los momentos del año en los que se requiere protección solar (figura 5, izquierda), sino que permite en un siguiente paso, superponiendo un ábaco de fugas compatible con la proyección, identificar los ángulos verticales y horizontales que delimitan la zona del cielo que hay que proteger, ayudándonos a dimensionar el parasol (figura 5, derecha).

La identificación de dichos ángulos se realiza finalmente bajo tres consideraciones: (1) que cubra gran parte de las zonas indicadas (entre 80% y 100%), (2) que se decida en función de la rigurosidad climática del emplazamiento (de temperaturas y de diferencia día-noche), y (3) que considere la cantidad de radiación que incide sobre el plano vertical, restándole importancia a valores por debajo de 200 W/m², generalmente por debajo de 5° o 10° de altura según la perpendicularidad del sol con respecto al vano.

Cabe mencionar que la representación en la proyección solar es de doce meses, cinco de ellos están superpuestos: enero con noviembre, febrero con octubre, marzo con septiembre, abril con agosto y mayo con julio. Las condiciones de protección solar no suelen ser iguales entre dichos meses, situación que se ha resuelto de la siguiente manera: en casos de climas cálidos o muy cálidos se prioriza la protección solar, en

Horas	Horas a proteger	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1		18,8	19,5	19,9	19,8	19,9	19,9	11,9	11,7	12,8	13,3	13,7	17,8
2		18,3	19,0	18,4	18,3	14,1	13,0	11,0	11,1	12,2	13,7	14,6	16,4
3		17,8	18,5	17,9	15,8	13,6	11,5	10,5	10,5	11,6	13,1	14,1	15,9
4		17,5	18,2	17,6	15,5	13,3	11,2	10,1	10,2	11,3	12,7	13,7	15,6
5		17,5	18,3	17,6	15,5	13,3	11,2	10,1	10,2	11,3	12,8	13,7	15,6
6		18,8	18,8	18,1	18,0	13,8	11,7	10,7	10,8	11,9	13,4	14,3	16,2
7		19,1	19,8	19,2	17,1	14,9	12,8	11,8	11,9	13,1	14,6	15,5	17,4
8	06:00 a 07:00 horas	20,7	21,4	20,9	18,8	16,6	14,5	13,6	13,9	15,0	16,5	17,4	19,0
9	07:00 a 08:00 horas	22,8	23,4	23,0	21,0	18,7	16,6	15,8	16,2	17,4	18,9	19,7	21,2
10	08:00 a 09:00 horas	25,1	25,7	25,3	23,3	21,1	18,9	18,2	18,8	20,0	21,5	22,3	23,6
11	09:00 a 10:00 horas	27,3	27,8	27,4	25,6	23,3	21,2	20,5	21,2	22,6	24,1	24,7	25,9
12	10:00 a 11:00 horas	29,0	29,5	29,2	27,4	25,2	23,0	22,3	23,2	24,6	26,1	26,8	27,8
13	11:00 a 12:00 horas	30,2	30,6	30,4	28,6	26,3	24,2	23,5	24,5	25,9	27,4	28,0	29,0
14	12:00 a 13:00 horas	30,5	31,0	30,7	28,9	26,7	24,5	23,9	24,9	26,4	27,9	28,4	29,4
15	13:00 a 14:00 horas	30,1	30,6	30,3	28,5	26,3	24,1	23,5	24,4	25,9	27,4	28,0	28,9
16	14:00 a 15:00 horas	29,0	29,5	29,2	27,4	25,2	23,0	22,3	23,2	24,6	26,1	26,7	27,8
17	15:00 a 16:00 horas	27,5	28,0	27,7	25,8	23,6	21,4	20,7	21,5	22,8	24,3	25,0	26,1
18	16:00 a 17:00 horas	25,7	26,3	25,9	24,0	21,8	19,6	18,9	19,5	20,8	22,3	23,0	24,3
19	17:00 a 18:00 horas	24,0	24,7	24,2	22,2	20,0	17,9	17,1	17,6	18,9	20,3	21,1	22,5
20		22,6	23,2	22,7	20,7	18,5	16,4	15,5	15,9	17,2	18,6	19,5	21,0
21		21,4	22,1	21,6	19,5	17,3	15,2	14,3	14,6	15,8	17,3	18,1	19,7
22		20,5	21,2	20,7	18,6	16,4	14,3	13,4	13,6	14,8	16,3	17,2	18,8
23		19,9	20,6	20,0	17,9	15,7	13,6	12,7	12,9	14,1	15,5	16,4	18,1
24		19,3	20,1	19,5	17,4	15,2	13,1	12,1	12,3	13,4	14,9	15,8	17,6
Temperatura media mensual >		23,8	24,5	24,0	22,0	19,8	17,7	16,8	17,4	18,6	20,1	20,9	22,3

Cálculo de temperatura de confort según de Dear y Brager (1998)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura neutra (Tn) del mes más cálido	25,1	25,1	25,0	24,5	24,0	23,4	23,2	23,3	23,6	24,0	24,2	24,6
Temperatura neutra (Tn) del mes más frío	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2

Figura 4. Imagen de la hoja de cálculo de zona latitudinal B (6° a 10°) y zona climática 2 (Desértico) con los resultados gráficos de las horas deseables y necesarias de protección solar (fuente: elaboración propia, 2023).

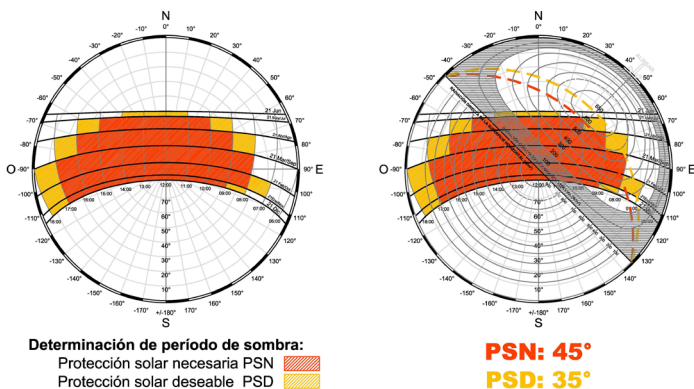


Figura 5. Proyección solar equidistante (izquierda) con horas de protección solar necesaria y deseable según la condición de la figura 4: zona latitudinal B (6° a 10°) y zona climática 2 (Desértico). Ábaco de fugas superpuesto (derecha), considerando un vano orientado al noreste, la línea segmentada roja sugiere un parasol cuyo ángulo de protección vertical necesario (PSN) es de 45° (fuente: elaboración propia, 2023).

casos de climas fríos o muy fríos, se prioriza el ingreso solar. En casos en los que las noches son frías o frescas y los días son cálidos, se prioriza la protección solar en las mañanas y el ingreso solar en las tardes. Con todas estas consideraciones, se pasa a detallar los resultados obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siguiendo los procedimientos expuestos, y sistematizados los resultados de cada una de las zonas climáticas y latitudinales, se obtienen los ángulos para cada una de las opciones (figura 6). Resalta en primer lugar la inexistencia de ángulos de protección en algunas zonas climáticas según ciertas zonas latitudinales: Litoral Subtropical en la zona A y Tropicales Alto y Bajo en la zona D. Para el caso de las zonas Continental Frío y Continental Muy Frío no existe la necesidad

de protección solar en ninguna de las zonas latitudinales.

Para una mejor visualización, los resultados se han agrupado por cada una de las zonas climáticas en las que la protección es necesaria o deseable, resultando un total de seis láminas. Una de ellas se presenta en la figura 7, que corresponde con la zona climática 2, Desértico. Esta y las demás láminas se pueden consultar en línea en: <https://sites.google.com/pucp.edu.pe/dimensionamientodeparasoles>

La sistematización en las láminas no solamente permite utilizarlas fácilmente para identificar el ángulo de protección solar en cualquier proyecto, sino también llegar a ciertas conclusiones previas sobre la necesidad de concebir parasoles en gran parte del territorio nacional. En relación con la utilidad para la identificación del ángulo de protección, a continuación se presenta el ejemplo de la

ciudad de Nasca, y la secuencia que permite identificar la necesidad de parasoles y sus dimensiones aproximadas:

1. Se identifica la altitud de la ciudad (420 m.s.n.m.) y la lejanía al mar (alrededor de 60 km), comprobando que se ubica en la zona bioclimática 2, Desértico.
2. Se comprueba la latitud de la ciudad (14.8° latitud sur aproximadamente) y se elige consecuentemente la zona latitudinal D.
3. Se identifican los ángulos de protección en función de la orientación del vano. Asumiendo un vano orientado hacia el noreste, el ángulo de protección solar deseada (protección ideal desde el punto de vista térmico) sería de 35° y el de protección solar necesaria (protección mínima desde el punto de vista térmico), de 45°. Vea algunas opciones de protección en la figura 8.
4. Si el vano estuviera orientado exactamente hacia el norte, los ángulos serían más amplios, entre 45° y 55°, lo que implicaría elementos de protección menos extensos o densos.
5. Ante la posibilidad de que la orientación no sea exactamente hacia el norte ni hacia el noroeste, sino en una orientación intermedia a ambos, los ángulos de diseño serían igualmente valores intermedios, es decir, aproximadamente 40° y 50° para la protección solar deseada y necesaria respectivamente.

A partir de la sistematización de los resultados presentada (figura 6), se pueden adelantar ciertas afirmaciones, recordando nuevamente que están referidas exclusivamente a evitar el sobrecalentamiento en el interior para efectos de confort:

- Salvo en los climas fríos o muy fríos, ubicados por encima de los 2.300 m.s.n.m, el requerimiento de protección solar exterior está presente en prácticamente todas las zonas climáticas del país.
- La necesidad de protección solar se hace más necesaria y la exigencia es mayor en las zonas climáticas de Desierto y Tropicales (costa norte y selva), siendo

Zona	Latitud	Orientación	1. Litoral subtropical		2. Desértico		3. Continental templado bajo		4. Continental templado alto		5. Continental frío		6. Continental muy frío		7. Tropical alto		8. Tropical bajo		
			PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	
Protección solar necesaria / deseable			PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	PSN	PSD	
Zona A	Latitud 2° - 6°	Norte 0°	-	-	55	45	65	63	80	75	-	-	-	-	-	55	45	50	40
		Nor Este 45°	-	-	25	15	60	55	80	70	-	-	-	-	-	40	30	25	15
		Este 90°	-	-	15	10	60	45	75	70	-	-	-	-	-	35	30	20	15
		Sur Este 135°	-	-	25	15	55	50	80	75	-	-	-	-	-	40	35	25	15
		Sur 180°	-	-	60	50	70	68	75	72	-	-	-	-	-	65	55	60	50
		Sur Oeste 225°	-	-	20	15	60	50	70	60	-	-	-	-	-	25	15	20	10
		Oeste 270°	-	-	20	10	60	45	70	60	-	-	-	-	-	20	10	15	10
		Nor Oeste 315°	-	-	25	15	55	45	75	65	-	-	-	-	-	25	15	20	15
Zona B	Latitud 6° - 10°	Norte 0°	60	55	60	55	65	55	65	60	-	-	-	-	55	50	50	45	
		Nor Este 45°	45	35	40	30	55	50	70	60	-	-	-	-	40	30	25	20	
		Este 90°	35	20	30	20	55	45	75	65	-	-	-	-	35	30	20	15	
		Sur Este 135°	35	25	35	25	60	50	80	70	-	-	-	-	45	35	25	20	
		Sur 180°	70	60	70	60	75	70	80	75	-	-	-	-	65	55	60	50	
		Sur Oeste 225°	30	20	25	15	55	45	80	70	-	-	-	-	25	20	15	10	
		Oeste 270°	20	15	15	10	50	40	70	60	-	-	-	-	25	15	15	10	
		Nor Oeste 315°	30	20	25	15	50	40	60	50	-	-	-	-	20	10	15	10	
Zona C	Latitud 10° - 14°	Norte 0°	68	60	65	55	60	55	60	55	-	-	-	-	50	40	45	40	
		Nor Este 45°	55	35	50	35	55	50	60	50	-	-	-	-	40	30	35	25	
		Este 90°	45	20	30	20	65	60	70	60	-	-	-	-	35	30	25	15	
		Sur Este 135°	50	30	40	25	70	65	75	70	-	-	-	-	50	40	35	20	
		Sur 180°	70	60	70	60	80	75	80	75	-	-	-	-	75	65	70	60	
		Sur Oeste 225°	20	10	25	15	65	55	65	55	-	-	-	-	20	15	15	10	
		Oeste 270°	30	20	20	15	50	45	50	45	-	-	-	-	15	10	10	5	
		Nor Oeste 315°	40	30	30	20	50	40	50	45	-	-	-	-	20	15	15	10	
Zona D	Latitud 14° - 18°	Norte 0°	75	65	55	45	55	50	60	50	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Nor Este 45°	60	50	45	35	50	45	60	50	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Este 90°	50	35	35	30	60	45	65	60	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Sur Este 135°	60	45	45	35	65	55	75	70	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Sur 180°	80	75	75	70	80	75	85	80	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Sur Oeste 225°	45	30	25	15	50	40	75	70	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Oeste 270°	35	25	20	10	40	30	65	60	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Nor Oeste 315°	50	35	35	20	45	35	60	50	-	-	-	-	-	-	-	-	

Figura 6. Ángulos de protección solar necesaria (PSN) y protección solar deseable (PSD) según zonas climáticas, zonas altitudinales y orientación del vano. Los fondos claros indican ángulos más altos (elementos de protección más pequeños) y los más oscuros representan ángulos más bajos (elementos de protección mayores) (fuente: elaboración propia, 2023).

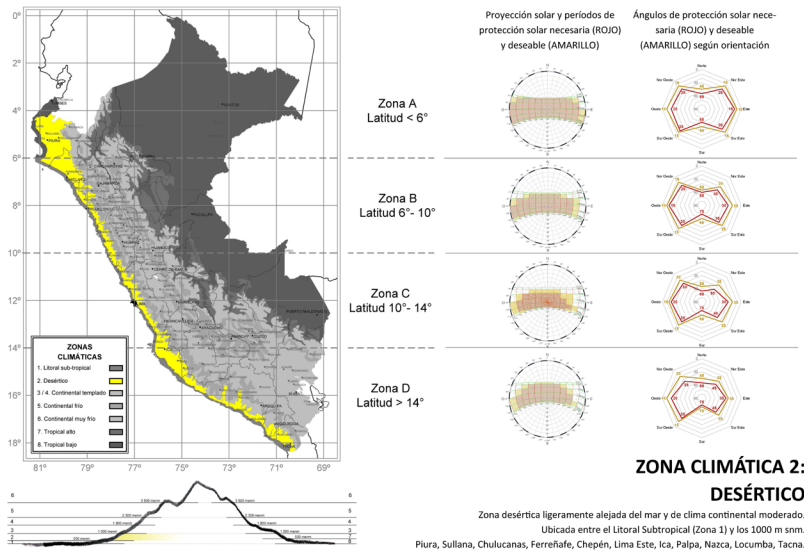


Figura 7. Ficha de zona climática 2 (Desértico) con plano de ubicación, esquema de corte, horas de protección sobre proyección solar y ángulos de diseño de parasoles para cada una de las cuatro zonas latitudinales y según orientación del vano (fuente: elaboración propia, 2023).

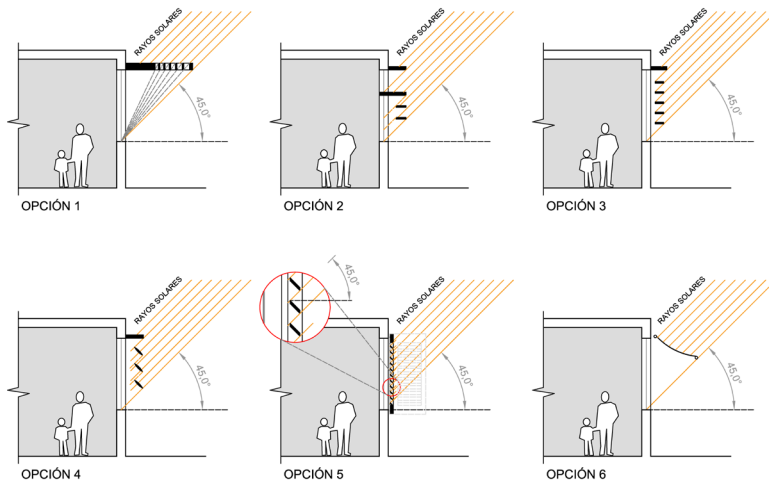


Figura 8. Identificación de los ángulos de diseño y esquema en corte de posibles soluciones para cubrir el ángulo de 45° de la protección solar necesaria (PSN) (fuente: elaboración propia, 2023).

igualmente exigentes en la zona Litoral Subtropical.

- Salvo en las zonas climáticas tropicales, donde hace mucho calor durante todo el año y los parasoles se requieren el día completo, en los demás climas cálidos como el Litoral Subtropical o el Desértico, los resultados sugieren la utilidad de elementos versátiles que se puedan adaptar a las variaciones estacionales (elementos móviles, plegables, enrollables, etc.).
- En todos los casos, las orientaciones norte y sur son las mejores opciones, en la medida en que los parasoles resultan más pequeños; incluso en los climas templados, los ángulos de protección son tan amplios que podrían resolverse en muchos casos con el propio espesor del muro. Las orientaciones este y oeste son, en todos los casos, las más exigentes.
- La ubicación de todo el país dentro de la zona tropical determina un recorrido solar de trayectoria marcadamente vertical, incluso en las zonas ubicadas más al sur. Esto condiciona la utilidad de los elementos horizontales de protección solar, a diferencia de emplazamientos más alejados de la Línea Ecuatorial, donde el recorrido solar más oblicuo se resuelve mejor muchas veces con elementos verticales o la combinación de ambos. La excepción vendría a darse en las orientaciones muy cercanas al norte o sur, sobre todo en esta última, donde una combinación de parasoles verticales con horizontales suele resultar provechosa.

CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología confirma la necesidad de considerar parasoles exteriores en gran parte del territorio nacional, especialmente en la costa y selva peruanas. El nivel de esta exigencia está relacionado más con la altitud que con la latitud del emplazamiento, que a su vez condiciona el tipo de clima en cuanto a los valores de temperatura y a la oscilación térmica que alcanza. Asimismo, y al margen de la zona

climática, la orientación del edificio es una consideración inicial determinante en la estrategia de protección solar; en términos generales, las fachadas orientadas al norte y al sur requieren parasoles de dimensiones notoriamente menores, aumentado en la medida que se orienten hacia el este y el oeste. La situación expuesta nos obliga a retomar una cultura de sombreado en el diseño, que desapareció con la difusión de una

modernidad poco sensible a un medio tan particular. La ubicación de Perú dentro de los trópicos, con climas más cálidos y con niveles de radiación extremadamente altos condicionaron una arquitectura local con toldos, persianas y celosías, a la que tenemos que volver a mirar y valorar. Los procedimientos y resultados presentados pretenden ser no solo una contribución al ámbito académico y profesional, sino

también un aporte a la normativa local. Estos resultados se reconocen igualmente como posibles de ser mejorados y más precisos en la medida en que se disponga de datos de mayor cantidad de localidades, que abarquen períodos más amplios, que sean más fiables y que se presenten con información horaria. ▲●●

REFERENCIAS

- Agüero, R. (2009). El balcón y la celosía, elementos de confort lumínico y térmico en el clima de la ciudad de Lima. Tesis de maestría. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Al-Tamimi, N. y Fadzil, S. (2011). The potential of shading devices for temperature reduction in high-rise residential buildings in the tropics. *Procedia Engineering* 21: 273-282. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2015>
- Brown, G. Z., y DeKay M. (2013). *Sun, wind, and light*. New York: Wiley.
- Campbell, G. S., y Norman J.M. (2000). *An introduction to environmental biophysics*. Springer Science & Business Media.
- De Dear, R., y Brager G.S. (1998). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *UC Berkeley: Center for the Built Environment*. <https://escholarship.org/uc/item/4qq2p9c6>
- Evola, G., Gullo F., y Marletta L. (2017). The role of shading devices to improve thermal and visual comfort in existing glazed buildings. *Energy Procedia* 134: 346-355. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.543>
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. John Wiley & Sons.
- Humphreys, M., Nicol F., y Roaf S. (2015). *Adaptive thermal comfort: foundations and analysis*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315765815>
- Kirimtat A., Koyunbaba B., Chatzikonstantinou I., Sariyildiz S. (2016). Review of simulation modeling for shading devices in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 53: 23-49. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.020>
- Lechner, N. y Andrasik P. (2021). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Strategies Towards Net Zero Architecture*. John Wiley & Sons.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). "Norma EM. 110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética". *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (2022). *Datos hidrometeorológicos a nivel nacional*. Lima, Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Miró Quesada, L. (2003). *Introducción a la teoría del diseño arquitectónico*. Editorial El Comercio S.A.
- Nicol, J. F. y Humphreys M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and buildings* 34.6: 563-572. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)
- Olgay, V. (2015). *Design with Climate*. Princeton University Press.
- Paricio, I. (1999). *La protección solar*. Cuadernos Bisagra. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya - ITeC.
- Reinhart, C. (2014). *Daylighting Handbook Volume I: Fundamentals Designing with the Sun*. Building Technology Press.
- Serra Florensa, R. y Coch Roura H. (2004). *Arquitectura y energía natural*. Vol. 17. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.
- Szokolay, S. V. (1996). *Solar geometry*. PLEA.
- Szokolay, S. V. (2014). *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780080473130>
- Valladares-Rendón, L. G., Schmid G. y Lo S.L. (2017). Review on energy savings by solar control techniques and optimal building orientation for the strategic placement of façade shading systems. *Energy and Buildings* 140: 458-479. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.073>
- Wieser Rey, M. (2011). *Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: el caso peruano*. PUCP.