

AMBIENTALMENTE

Nº2

Año Nº 2 - 2015 / Colombia



◀ VIENTO Y VENTILACIÓN NATURAL ▶ EN LA ARQUITECTURA



Laboratorio de
**Ambientes
Sostenibles**



Andrés Lobo-Guerrero Campagnoli
• 1940-2014 •

“Fundador, directivo y decano Piloto, quién plasmó su vigor humanista en trazos ilustrativos en el aula para el engrandecimiento del alumno, la Arquitectura y el país”.

Su legado siempre perdurará entre nosotros



José María Cifuentes Páez

Presidente

Patricia Piedrahíta Castillo

Rectora

Rodrigo Lobo-Guerrero Sarmiento

Director de Publicaciones y Comunicación Gráfica

Diego Ramírez Bernal

Coordinador General de Publicaciones

Gabriel Acero Rincón

Coordinador de Publicaciones Arquitectura

Daniela Sánchez Hernández

Apoyo Coordinación de Publicaciones Arquitectura

Patricia Farfán Sopó

Decana Administrativa Programa de Arquitectura

Édgar José Camacho Camacho

Decano Facultad de Arquitectura y Artes

Ambientalmente ©

Cartilla del Laboratorio de Ambientes Sostenibles

de la Facultad de Arquitectura y Artes

2357-6243

ISSN: 2422-4286

Año 10 - No.2 – 2015

Publicación Anual de la Universidad

Piloto de Colombia - Bogotá, Colombia

José Daniel Cárdenas Salas

Autoría

Elizabeth Pastrana Caicedo

Practicante Coordinación Publicaciones Arquitectura

Daniela Sánchez Hernández

Apoyo Coordinación de Publicaciones de Arquitectura

Diseño y Diagramación

Gabriel Acero Rincón

Fotografía de Portada



La obra literaria publicada expresa exclusivamente la opinión de sus respectivos autores, de manera que no representan el pensamiento de la Universidad Piloto de Colombia. Cada uno de los autores, suscribió con la Universidad una autorización o contrato de cesión de derechos y una carta de originalidad sobre su aporte, por tanto, los autores asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta publicación.

PRESENTACIÓN

ARQ. LUZ STELLA PEÑA
ARQ. IVÁN ERASO ORDÓÑEZ
ARQ. SERGIO PEREA
ARQ. JOSÉ DANIEL CÁRDENAS

La política de publicación de la Universidad Piloto de Colombia plantea que los diferentes programas de educación, como es el de Arquitectura, desarrollen productos de investigación científica y formativa que aporten a la construcción de conocimientos disciplinares, a la formación integral con responsabilidad social y ambiental y a la consolidación de valores éticos para que los estudiantes adquieran competencias profesionales que les permitan actuar con fundamento y dominio técnico en la realidad.

En el Laboratorio de Ambientes Sostenibles, hemos querido hacer un aporte al tema de la educación ambiental en arquitectura y proponer directrices para la implementación de herramientas de análisis y evaluación ambiental que permitan a los estudiantes realizar proyectos eficaces en el manejo y la implementación de criterios bioclimáticos, autosuficiencia energética y ecología de los asentamientos humanos.

Por lo anterior, se han elaborado cuatro cartillas que son guías del proceso de aprendizaje en temas como arquitectura bioclimática y sostenibilidad, trayectoria solar, viento y ventilación natural en arquitectura, manejo y disposición de aguas lluvias y aguas residuales y mapa conceptual para una didáctica de educación ambiental en arquitectura.

CONTENIDO

Introducción	7
Origen y formación del viento	9
La rosa de los vientos	21
Las barreras y el viento	27
Ventilación al interior de la arquitectura	38
Ventilación natural y confort higrotérmico	47
Síntesis de pasos básicos a seguir en la proyectación	55

LISTAS DE FIGURAS

- 1. Formación** del viento (fuente: elaboración propia basada en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , El viento principios básicos, 2005))
- 2. Vientos** generales y regionales (fuente: elaboración propia)
- 3. Vientos** tierra-mar (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , El viento principios básicos, 2005))
- 4. Vientos** valle-ladera (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , El viento principios básicos, 2005))
- 5. Vientos** de planicie (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , El viento principios básicos, 2005))
- 6. Vientos** urbanos (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , El viento principios básicos, 2005))
- 7. Diferencias** de fricción (fuente: elaboración propia)
- 8. Vientos** en Colombia (fuente: elaboración propia)
- 9. Tipos** de rosa de los vientos (fuente: IDEAM y web Google)
- 10. Referencia** rosa de los vientos en el lugar (fuente: elaboración propia)
- 11. Escala** de Beaufort (fuente: elaboración propia, basada en fuente Google)
- 12. Tipos** de barreras (fuente: elaboración propia, basada en (Serra, 2006))
- 13. Altura** de barrera (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , Vegetación y viento, 2005))
- 14. Ancho** de barrera (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , Vegetación y viento, 2005))
- 15. Longitud** de barrera (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , Vegetación y viento, 2005))
- 16. Densidad** de barrera (fuente: elaboración propia)
- 17. Forma** de barrera (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , Vegetación y viento, 2005))

-
- 18. Edificio** como barrera (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , El viento principios básicos, 2005))
- 19. Obstrucción** edificio (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez & Fuentes Freixanet, 2005))
- 20. Agrupación** unidades (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez & Fuentes Freixanet, 2005))
- 21. Tabla** de la sombra de viento (fuente: B. Evans en (García Chávez , Fuentes Freixanet, & , El viento principios básicos, 2005))
- 22. Acción** sobre las superficies (fuente: elaboración propia basada en (Serra, 2006))
- 23. Localización** de aberturas de entrada y salida (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez & Fuentes Freixanet, 2005))
- 24. Tipo** y tamaño de abertura (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez & Fuentes Freixanet, 2005))
- 25. Divisiones** interiores (fuente: elaboración propia, basado en (García Chávez & Fuentes Freixanet, 2005))
- 26. Acción** de la vegetación (fuente: elaboración propia, basada en (Serra, 2006) y (García Chávez & Fuentes Freixanet, 2005))
- 27. Movimientos** verticales (fuente: elaboración propia, basada en (García Chávez & Fuentes Freixanet, 2005))
- 28. Diagramas** de Olgay y Givoni (fuente: en (Serra Florensa & Coch Roura, 1995)
- 29. Clima** cálido húmedo (fuente: elaboración propia)
- 30. Clima** cálido seco (fuente: elaboración propia)
- 31. Clima** frío (fuente: elaboración propia)

INTRODUCCIÓN

Dentro de las características meteorológicas y climáticas de un lugar determinando, el viento, sin duda, es el fenómeno físico más complejo de afrontar en relación con el proyecto arquitectónico, ya que, por sus mismas condiciones de formación, presenta un comportamiento bastante inestable, lo que, en el momento de analizarse y pretender concretar estrategias en torno a este y la arquitectura, puede presentar altos índices de incertidumbre en comparación con otros factores mucho más estables y constantes, como la radiación solar, la temperatura y los niveles de humedad relativa de un determinado lugar. Sin embargo, es dentro de las variables climáticas la que en mayor medida determina y condiciona la percepción térmica de un determinado clima, relacionándose directamente con el confort higrotérmico, aspecto fundamental a la hora de pensar en las relaciones bioclimáticas de un proyecto para un contexto determinado. Por tal razón, junto a otras posibilidades que el viento nos brinda para la vinculación de otras estrategias que aportan a la sostenibilidad del proyecto, como lo es el potencial de autosuficiencia energética por aportes eólicos, el viento se convierte en un factor fundamental de abordar en relación con la arquitectura tanto en su dimensión urbana como en la edificación.

Las condiciones de viento no son las mismas para todos los lugares, al igual que otras variables meteorológicas, sino que estas se verán

condicionadas por diferentes factores, como la ubicación geográfica en relación con la latitud, la relación tierra-agua y la altura sobre el nivel del mar, y de forma más concreta en relación con el lugar de asentamiento, por las mismas preexistencias tanto naturales dadas como artificiales generadas por el ser humano.

Si bien en la actualidad el tema del viento en la arquitectura se puede analizar de forma más concreta mediante programas especializados y/o modelos a escala en túneles de viento —que aunque de forma algo incierta permiten una aproximación tendencial al comportamiento de esta variable—, la presente cartilla se aproxima al tema del viento en la arquitectura de una forma básica y sintética. pretendiendo con la explicación de conceptos y herramientas básicas, permitir al estudiante de Arquitectura tener una mayor claridad frente al comportamiento y las condiciones del viento, lo que le permitirá generar estrategias básicas de control y/o aprovechamiento de éste en el proyecto, de forma coherente con el lugar.

ORIGEN Y FORMACIÓN DEL VIENTO

Cap.1

¿QUÉ ES EL VIENTO Y CÓMO SE FORMA?

El viento es aire en movimiento producido por las diferencias de temperatura y la presión atmosférica causadas, a su vez, por el calentamiento no uniforme de la superficie terrestre (García Chávez J. R., Prefacio, 2005).

El Sol, como la fuente base de energía planetaria que determina todos los ciclos naturales que se dan en éste, también provoca la formación del viento. La incidencia de la radiación solar sobre el aire, el agua y el suelo, la cual varía en relación con la ubicación geográfica, genera una distribución diferenciada en la cantidad de energía que incide, y de calor producido, sobre las diferentes zonas planetarias, que junto con la diferencia de presión, genera un movimiento de las masas de aire, de las presiones altas (polos) a las presiones bajas (Ecuador), viéndose a su vez determinado el movimiento del aire por las diferencias en el balance energético del planeta en su ciclo día-noche y por las pérdidas y ganancias que en un mismo momento se están dando en uno y otro lado del planeta a partir del movimiento planetario de rotación, el cual influencia al mismo tiempo la dirección del viento (efecto Coriolis) (*figura 1*).

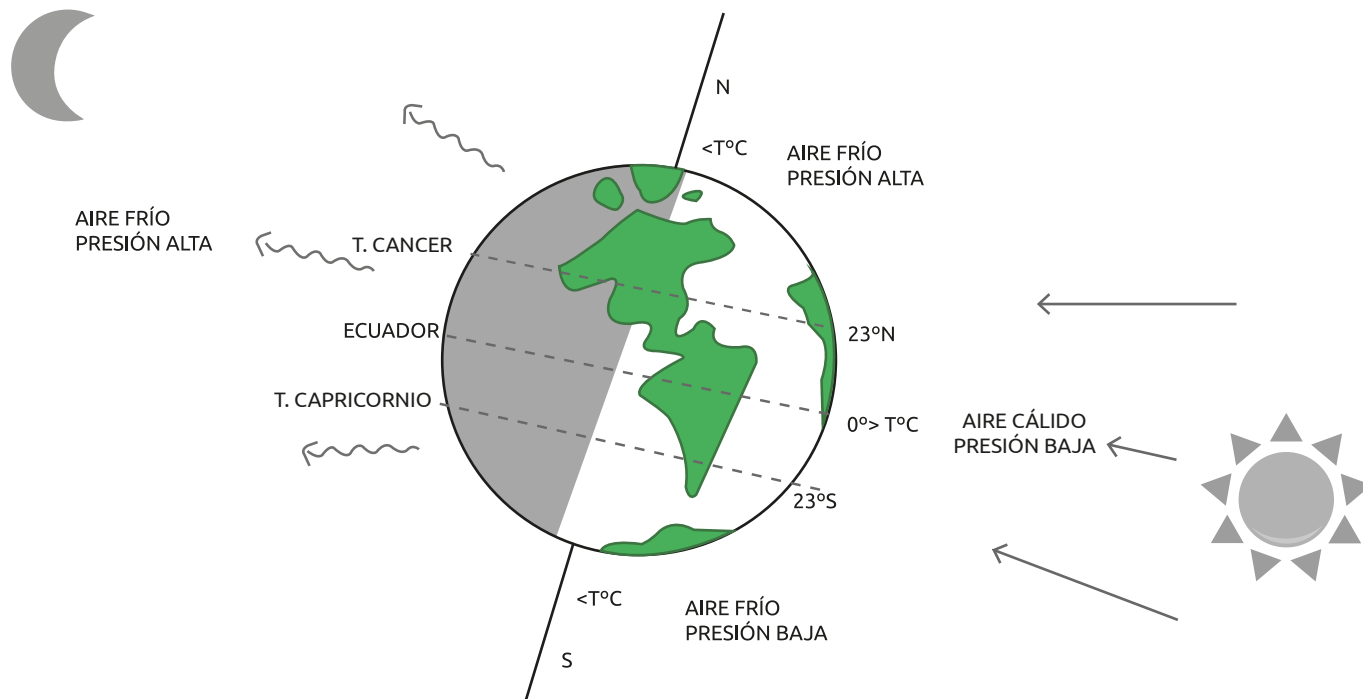


Figura 1. Formación del viento.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "El viento: principios básicos" p.15).

TIPOS DE VIENTO

Las dinámicas del viento para cualquier territorio están determinadas por la intervención de diferentes tipos de corrientes de aire, algunas con mayor influencia que otras, dependiendo de las condiciones de cada lugar y época del año, y en relación con las diferencias de temperatura y presión dadas en un lugar y ambiente determinado (de las presiones altas; aire frío más denso, a las presiones bajas; aire cálido menos denso).

Se pueden diferenciar 2 grandes grupos de viento:

1. LOS VIENTOS GENERALES (PLANETARIOS)

Dados por la diferencia de presión atmosférica y temperaturas planetarias entre los Polos (altas presiones) y el Ecuador (bajas presiones), planteados anteriormente (*figura 2*).

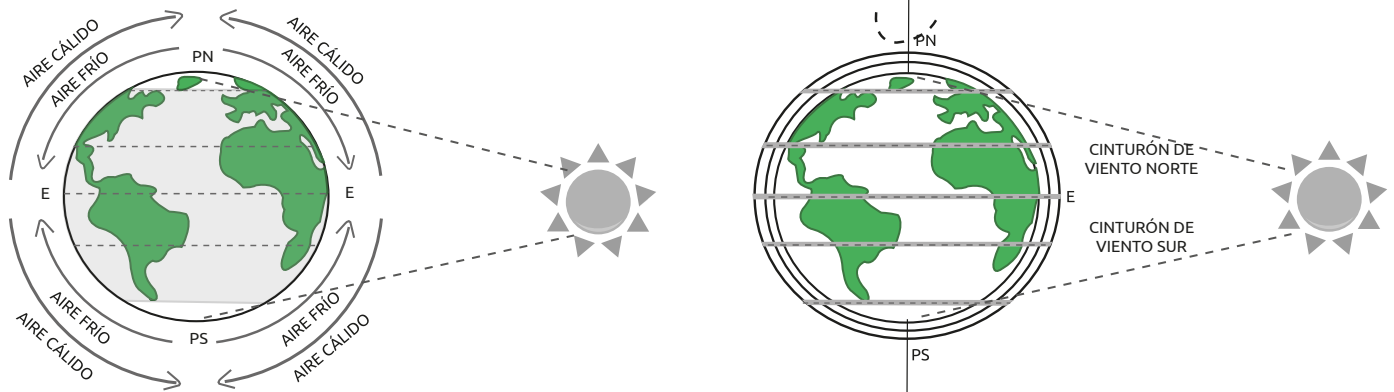


Figura 2. Vientos generales y regionales.
Fuente: Elaboración propia.

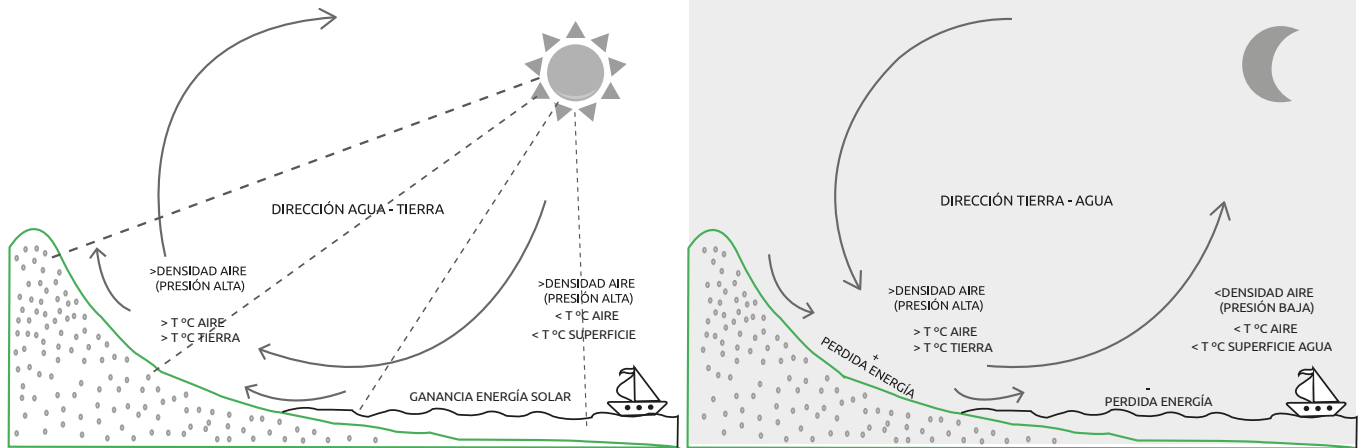
En relación con estos, se dan los **vientos regionales**, dados por la oposición entre las corrientes de aire polar frías y las ecuatoriales cálidas, que generan diferentes cinturones de viento planetarios, tres hacia el norte y tres hacia el sur, donde las dinámicas de los vientos se ven potencializadas por las condiciones geográficas y topográficas macro de los continentes.

2. LOS VIENTOS LOCALES Y CONVECTIVOS

Determinados por las condiciones geográficas y topográficas de un lugar específico, y las diferencias de temperatura del aire en relación con microclimas dados a partir de condiciones naturales y/o antrópicas.

La topografía se convierte en un factor determinante en el comportamiento del viento. Las montañas presentan el máximo grado de rugosidad superficial y por tanto originan el máximo grado de fricción al flujo de aire superficial. Las montañas y sus valles originan un importante cambio en la dirección y velocidad de los vientos, ya que la corriente de aire se canaliza por la topografía a través de las depresiones principales. (García y Fuentes, 2005, "El viento: principios básicos")

De acuerdo con esto, se pueden diferenciar de forma general varias situaciones específicas, que ante la ausencia de vientos generales importantes, pueden determinar las dinámicas del viento en un lugar determinado:



a) Vientos tierra – mar (Zonas costeras).

Donde se da un régimen de vientos mar-tierra en el día, y tierra-mar en la noche. Esto debido a la diferencia de temperaturas existente entre las dos superficies y el aire en relación, menos temperatura del aire sobre el agua en relación con la tierra en el día, y menos temperatura del aire sobre la tierra en relación con el agua en la noche. (figura 3).

Figura 3. Vientos tierra-mar.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "El viento: principios básicos" p.26).

b) Vientos de valley ladera (Zonas montañosas).

Donde se da un régimen de vientos valle-montaña en el día (viento cálido) y montaña-valle en la noche (viento frío), debido a la diferencias de altitudes y la incidencia mayor de la radiación solar sobre la superficie mas horizontal del valle (en latitudes tropicales) durante el día, generando una diferencia de temperaturas que hace que el viento frío descienda y conduzca el aire cálido hacia las montañas, y en las noches debido a las menores temperaturas de las montaña en relación con el valle, el viento frío desciende llevándose el aire cálido del valle (figura 4).

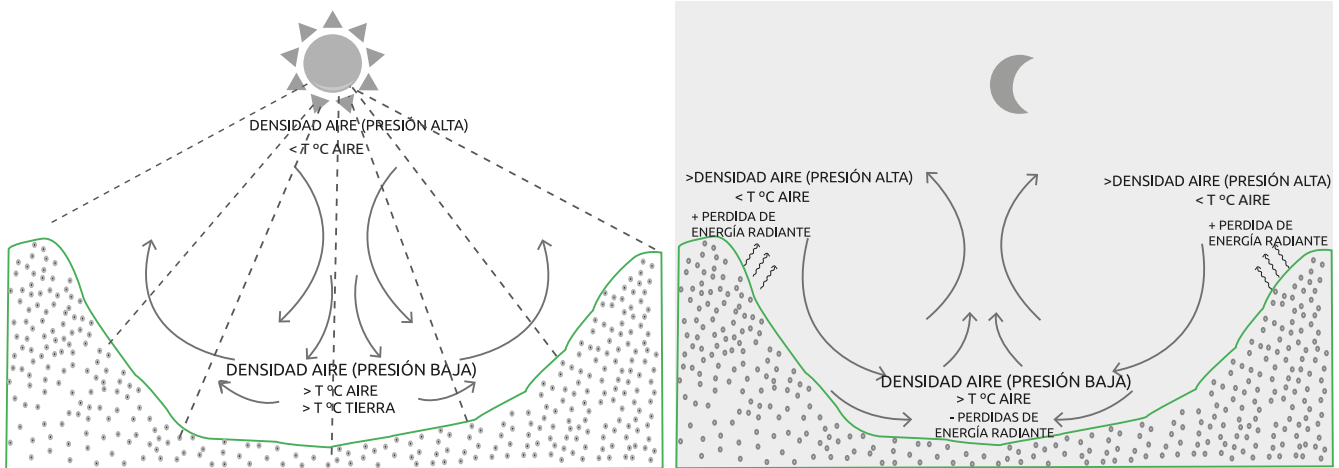


Figura 4. Vientos valle-ladera.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "El viento: principios básicos" p.28).

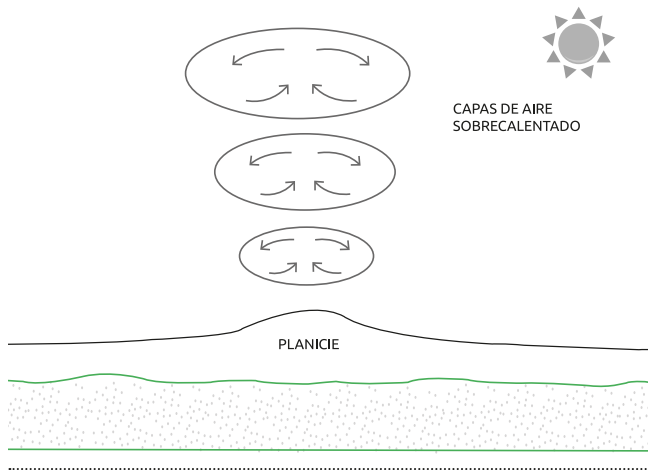


Figura 5. Vientos de planicie.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "El viento: principios básicos" p.30).

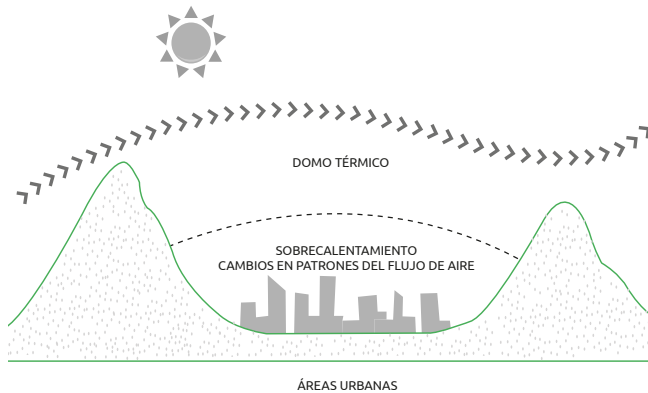


Figura 6. Vientos urbanos.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "El viento: principios básicos" p.31).

c) Vientos de planicie.

En terrenos planos, el sobrecalentamiento de la superficie, genera la acumulación de aire cálido que se estanca por capas, éstas al llegar a un punto de inestabilidad se diluyen, siendo este aire poco denso forzado a subir por la presencia de un aire circundante más denso (figura 5).

El sobrecalentamiento de planicies secas y áridas puede generar una gran inestabilidad que, ante la presencia de una obstrucción o irregularidad en la superficie de la tierra, potencia la aparición de remolinos.

d) Vientos urbanos.

Las áreas urbanas presentan condiciones que modifican aún más el comportamiento de los vientos respecto de su velocidad, dirección e inestabilidad, dada la incidencia de factores, como la morfología, la orientación, el tamaño y la textura de las superficies, la densidad edificatoria, la presencia de vegetación, entre otros. A su vez, los niveles de contaminación generan cambios en la composición del aire urbano, los cuales potencializan su sobrecalentamiento, y generan fenómenos con el efecto de "domo térmico", que en relación con el efecto isla de calor pueden modificar a su vez los flujos de aire en las áreas más urbanizadas (figura 6).

“De esta forma, en cada lugar de la geografía existe un régimen de vientos irregular, con lo que es muy difícil prever las condiciones posibles de intensidad y dirección del viento en un momento determinado” (Serra, 2006, p. 94).

Igualmente, la vegetación de cualquier superficie, sea ladera, valle o planicie, tiene un efecto determinante en los vientos convectivos, ya que existe mayor calentamiento en superficies áridas que en superficies cubiertas de vegetación (García y Fuentes, 2005, “El viento: principios básicos”) (*figura 7*).

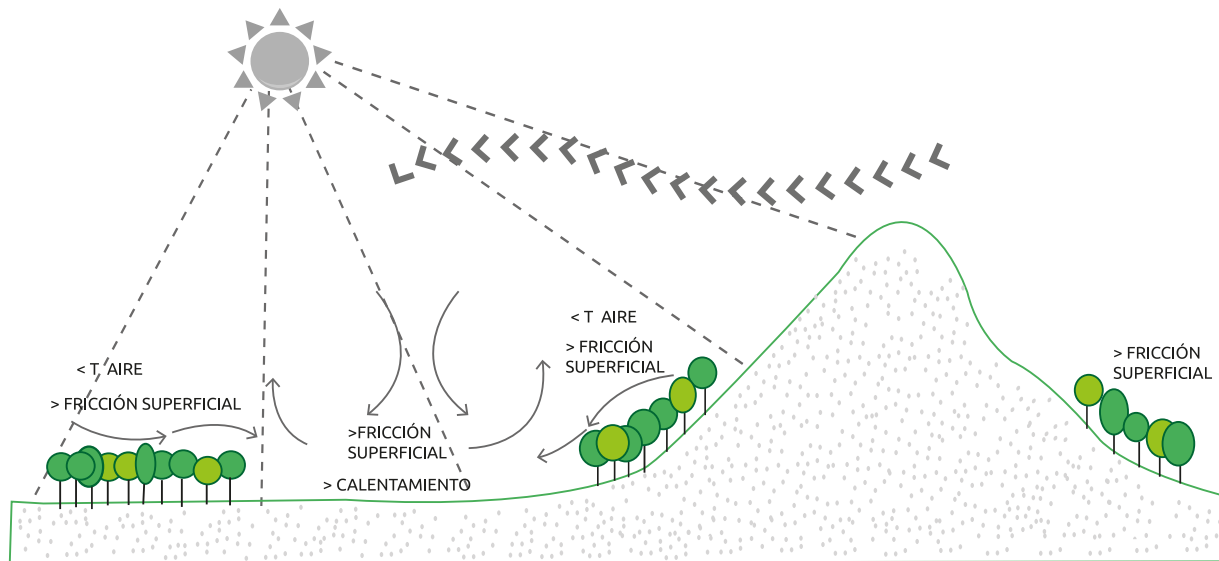


Figura 7. Diferencias de fricción.
Fuente: Elaboración propia.

Por lo anterior, lo que se puede determinar son las tendencias generales, partiendo de un conocimiento de los fenómenos físicos que generan la aparición y circulación del viento. Se pueden identificar factores propios de cada lugar, los cuales determinan una mayor o menor probabilidad en la aparición de un viento determinado, por lo que es muy importante la vinculación de las preexistencias y condiciones de ubicación concretas.

LOS VIENTOS EN COLOMBIA

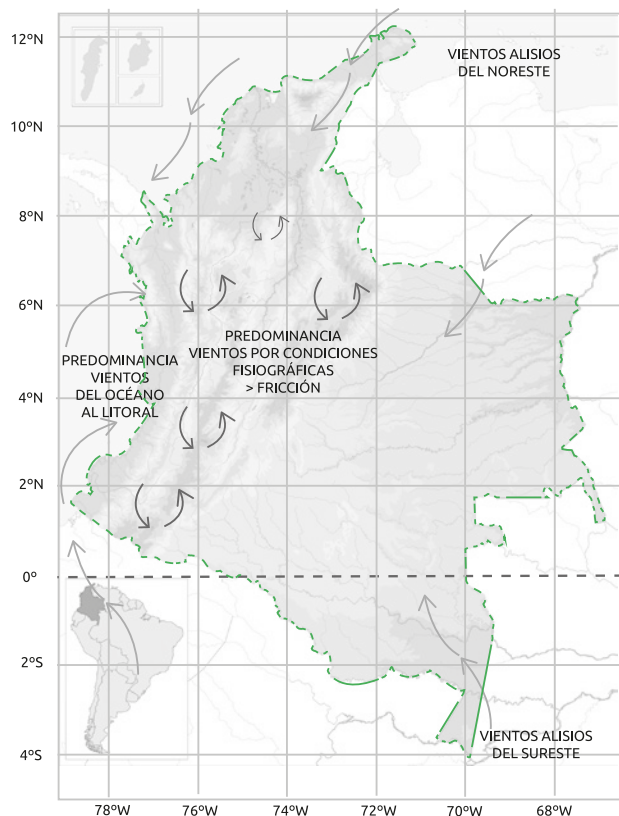


Figura 8. Vientos en Colombia. Fuente: Elaboración propia.

Colombia, por encontrarse geográficamente ubicada entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio, está sometida a los vientos alisios que soplan del noreste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur, aunque en el país no tienen siempre exactamente estas direcciones. En nuestro país, por estar en las proximidades del Ecuador, la fuerza de Coriolis, que es muy importante en el campo del viento, se hace muy pequeña, y por ello los vientos están influenciados fuertemente por las condiciones locales y por el rozamiento proporcionado por las grandes irregularidades que presenta la cordillera de los Andes al ramificarse en tres sistemas que se extienden longitudinalmente a lo largo del país con diferentes elevaciones. Además, los dos mares que bañan el territorio nacional tienen un papel en el comportamiento del viento. Esto hace que la dirección y la velocidad del viento varíen de un instante a otro y de un sitio a otro (UPME e Ideam, 2006) (*figura 8*).

De acuerdo con los estudios hechos desde el Ideam sobre las regiones planas del territorio nacional, la llanura del Caribe, la Orinoquía y la Amazonía, se dan vientos bastante definidos en el transcurso del año, los cuales están directamente influenciados por los vientos alisios, mientras que en las zonas de los valles interandinos y montañosas, aunque se da una influencia de los vientos

alisios, esta se ve reducida y alterada por las condiciones fisiográficas, las cuales determinan la dirección y velocidad del viento.

En tanto que en la región pacífica el comportamiento del viento presenta particularidades en la dirección. Los vientos alisios del sureste del océano Pacífico alcanzan a sobrepasar el Ecuador en gran parte del año, y por efecto de la fuerza de Coriolis, se desvían por lo cual presentan una componente oeste al norte del Ecuador con circulaciones casi permanentes dirigidas del océano al litoral (UPME e Ideam, 2006).

LA ROSA DE LOS VIENTOS

Cap. 2

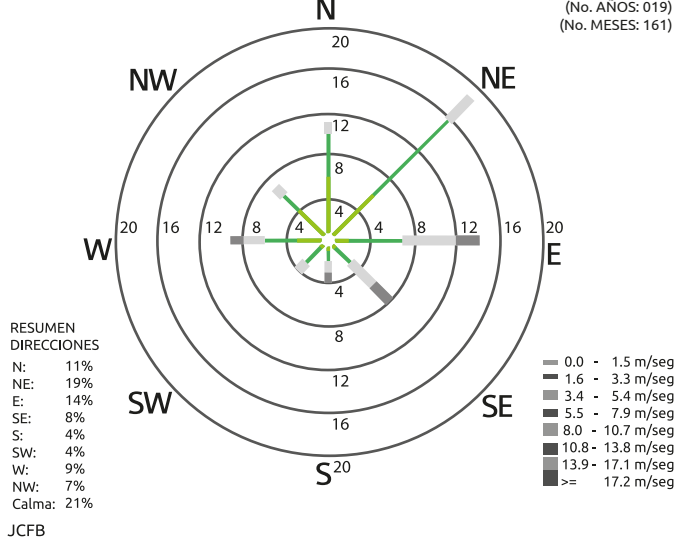
.....

Como se ha planteado, las características de los vientos dadas en una zona determinada son bastante complejas de precisar de forma exacta. Sin embargo, existen herramientas como la rosa de los vientos, que, al relacionar diferentes variables, permiten entender la tendencia de los vientos de forma general en un lugar determinado.

.....

¿QUÉ ES LA ROSA DE LOS VIENTOS?

IDEAM ROSA DE VIENTOS



Es una herramienta que resume de forma gráfica, para cada mes, estación del ciclo anual o régimen anual, la dirección, intensidad y frecuencia de los vientos, medidas por las estaciones meteorológicas con anemógrafos a una altura normalizada de 10 m sobre el suelo para vientos denominados superficiales.

Existen diferentes tipos de rosa de los vientos que referencian la información enunciada. En este caso, se presentan dos ejemplos (*figura 9*).

VIENTOS

VIENTOS PREPONERANTES
MARZO
Frecuencia del viento (horas)
Emplazamiento: Londres
(Reino Unido) (51, 4° 0,0°
Hora: 00 00-24 00

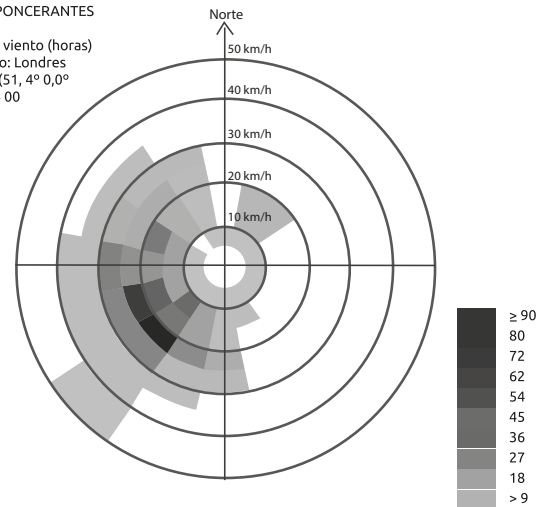


Figura 9. Tipos de rosa de los vientos.
Fuente: UPME e Ideam (2006).

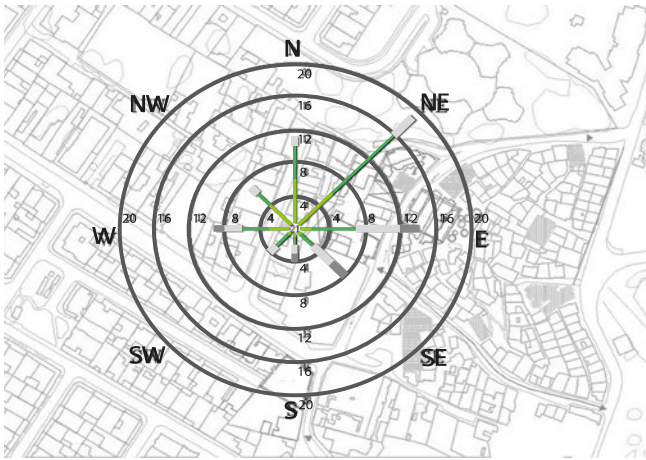


Figura 10. Referencia rosa de los vientos en el lugar.
Fuente: Elaboración propia.

El punto central de toda rosa de vientos se convierte en el punto de confluencia de todos los vientos que inciden desde diferentes direcciones.

La rosa de vientos tipo 1 relaciona las frecuencias en porcentajes, referenciándolas en las circunferencias concéntricas; menores frecuencias hacia el centro, y mayores hacia el exterior. El largo de las líneas determinan la predominancia de los vientos según frecuencia y dirección de procedencia; y el espesor de estas, la intensidad del viento (velocidad) de acuerdo con diferentes rangos.

La rosa de vientos tipo 2 relaciona las frecuencias en horas, referenciándola en el rango de colores. Menores frecuencias tonos claros, y mayores en tonos oscuros. Las circunferencias concéntricas referencian la intensidad del viento (velocidad), menores hacia el centro y mayores hacia el exterior.

Partiendo de esta herramienta y su respectivo análisis, de acuerdo con los datos meteorológicos de los vientos de cada zona, según época del año, y teniendo en cuenta las demás preexistencias ambientales de cada emplazamiento específico, que pueden modificar estos vientos, se pueden comenzar a plantear estrategias de control o aprovechamiento del viento en la arquitectura, de acuerdo con las condiciones climáticas del lugar (*figura 10*).

Más allá de la predominancia en dirección, es la intensidad del viento (velocidad) la que determinará el requerimiento o acción a tomar de acuerdo con el tipo de clima, ya que dependiendo de esta y de la temperatura ambiente se darán reducciones en la percepción de la temperatura y los niveles de humedad, o, en condiciones extremas de calentamiento, ganancias de calor, con lo cual se requerirá un aprovechamiento o control de los vientos directos según las necesidades de confort, como se plantea en la parte final de esta cartilla.

La escala de Beaufort se convierte en una herramienta de referencia importante que complementa a la rosa de los vientos y que determina qué tipo de viento, en relación con su intensidad, es el que se presenta, y qué efectos produce en el ambiente (*figura 11*).

ESCALA DE BEAUFORT
(Intensidad y percepción del viento)

GRADO	NOMBRE	V.VIENTO (M/S -KM/H)	EFECTOS DEL VIENTO
0	Calma	0 – 0.2 m/s 0-1 Km/h	El humo sube verticalmente.
1	Ventolina	0.3 – 1.5 m/s 1-5 Km/h	Se define la dirección del viento dependiendo del movimiento del humo.
2	Flojo-Brisa muy débil	1.6 – 3.3 m/s 6-11 Km/h	El viento es percibido en el cuerpo, y las hojas de los arboles se mueven.
3	Flojo-Brisa débil	3.4 – 5.4 m/s 12-19 Km/h	Las hojas de los árboles se mueven de forma continua.
4	Brisa moderada	5.5 – 7.9 m/s 20-28 Km/h	Se mueven las ramas pequeñas de los árboles. Y se levanta el polvo.
5	Brisa fresca	8 – 10.7 m/s 29-38 Km/h	Se mueven los árboles pequeños, se forman olas pequeñas en los estanques.
6	Brisa fuerte	10.8 – 13.8 m/s 39 – 49 Km/h	Se mueven las ramas grandes de los árboles.
7	Viento fuerte	13.9 – 17.1 m/s 50 – 61 Km/h	Arboles en movimiento, y es difícil caminar contra el viento.

Figura 11. Escala de Beaufort.

Fuente: Elaboración propia, basada en fuente Google.

LAS BARRERAS Y EL VIENTO

Cap. 3

El viento puede encontrar diferentes tipos de barreras en su circulación. Estas pueden ser naturales o construidas, vegetales o artificiales. Las barreras generan una reducción en la intensidad del viento en un área posterior a estas, determinada por una sombra de viento hacia sotavento (dirección hacia donde se dirige el viento).

Para poder determinar de forma concreta la influencia de una barrera ante un determinado viento, es fundamental una aproximación tanto en planta como en sección, mediante instrumentos, como los túneles de viento con maquetas a escala o programas especializados. Sin embargo, se trata de plantear en este apartado posibles comportamientos generales del viento respecto de las barreras, mediante figuras generadas a partir de estudios especializados, que sirvan como referencia para posibles estrategias de proyecto.

De forma general, y según estudios y análisis al respecto, se puede definir que para un viento típico, con cualquiera de estos tipos de barrera, la intensidad del viento queda reducida a la mitad hasta una distancia de diez a quince veces la altura de la barrera, siempre dependiendo de la forma de la misma. (Serra, 2006) (*figura 12*).

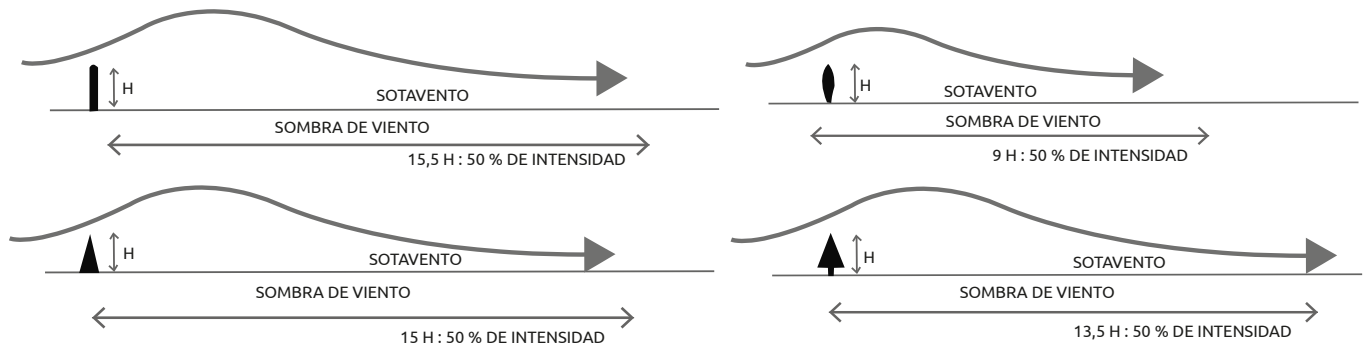


Figura 12. Tipos de barreras.

Fuente: Modificado de Serra (2006 "el clima del viento y de la brisa" p.47).

"Una reducción mayor, de hasta la cuarta parte de la intensidad, se conseguirá con barreras continuas (no vegetales), hasta una distancia del orden de diez veces la altura de la barrera" (Serra, 2006, p. 94).

El grado de protección de una barrera dependerá de características, tales como la altura, anchura y longitud, la densidad o permeabilidad de esta y su forma. De acuerdo con estudios especializados, se pueden determinar algunas reglas generales respecto del comportamiento de las barreras y el viento según las características enunciadas anteriormente:

ALTURA : a mayor altura, mayor sombra de viento (figura 13).

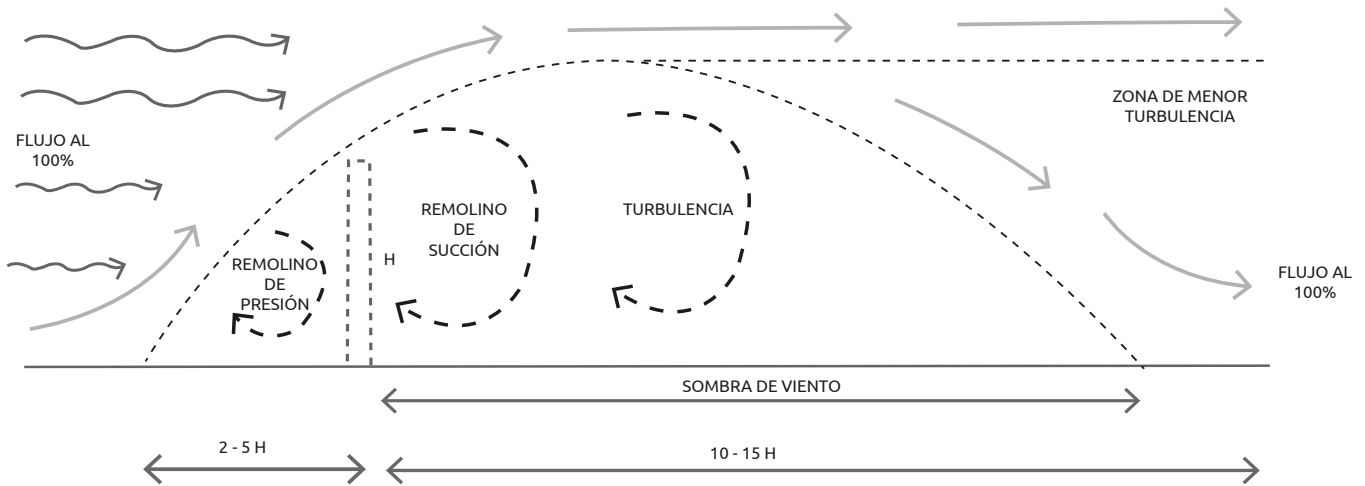


Figura 13. Altura de barrera.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "Vegetación y viento" p.40).

ANCHO: a menor anchura y menor densidad de la barrera, mayor sombra de viento (*figura 14*).

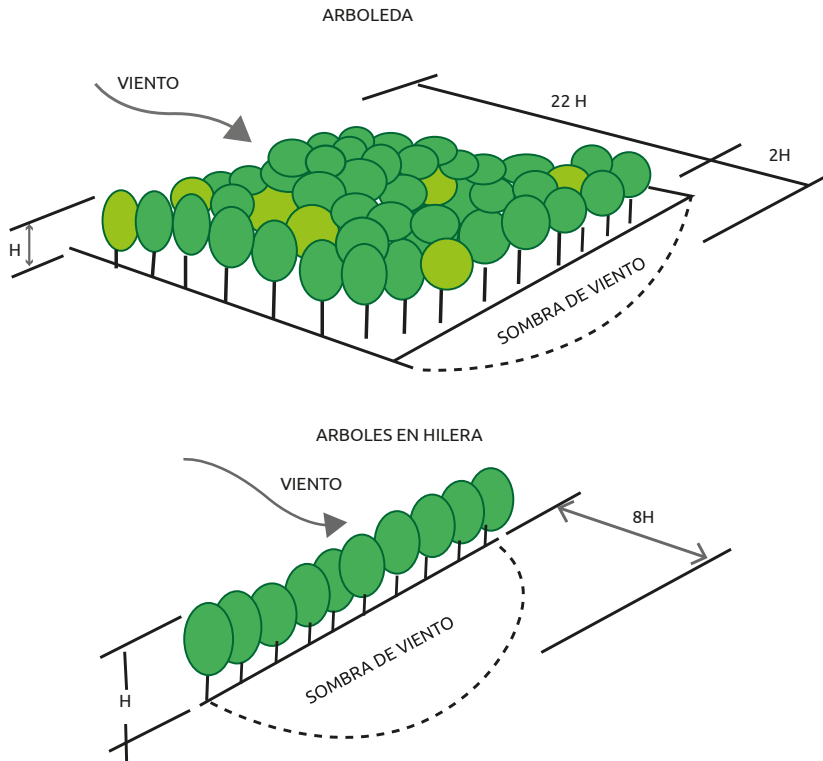


Figura 14. Ancho de barrera.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "Vegetación y viento" p.41).

LONGITUD: a mayor longitud, mayor sombra de viento, hasta un límite de 11-12H (*figura 15*).

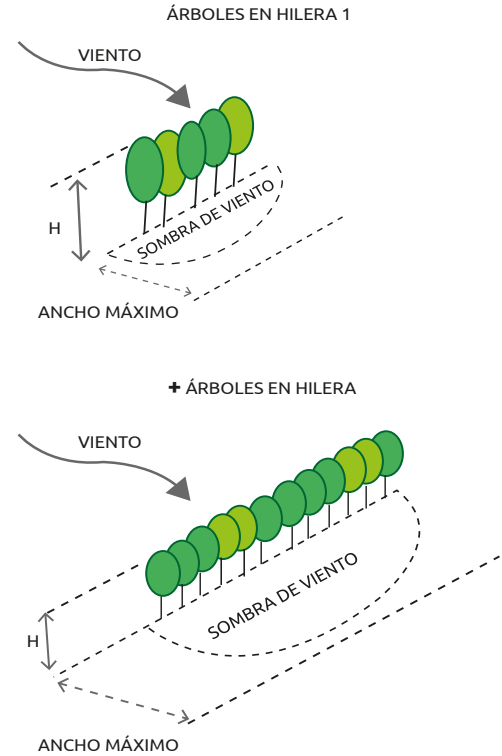
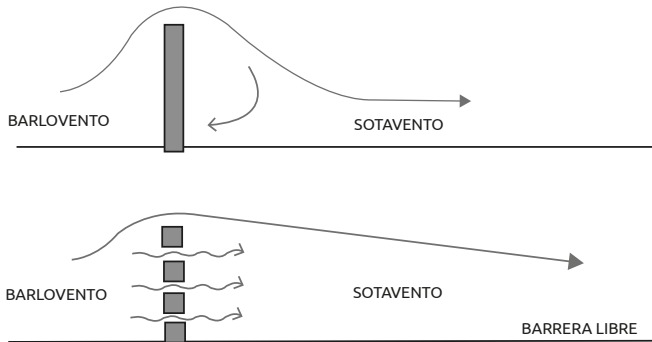


Figura 15. Longitud de barrera.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "Vegetación y viento" p.41).

DENSIDAD Ó PERMEABILIDAD



Barreras muy densas o sólidas reducen en gran medida la velocidad del viento a sotavento, pero generan mayores turbulencias en la parte inmediatamente posterior a la barrera, y la velocidad se recupera más rápidamente al generarse una menor sombra de viento.

Las barreras menos densas y más permeables no reducen tanto la velocidad del viento en sotavento, pero sí disminuyen las turbulencias y generan una mayor sombra de viento (*figura 16*).

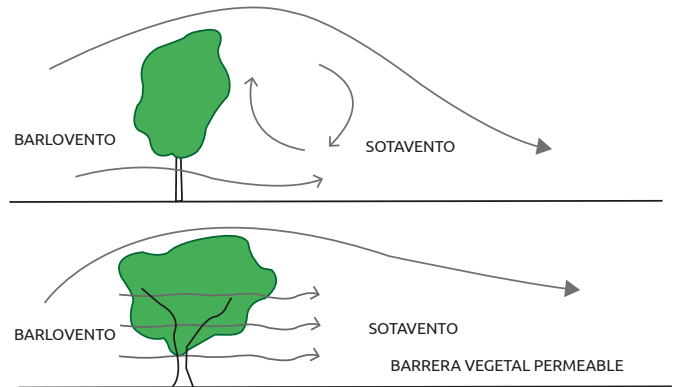


Figura 16. Densidad de barrera.
Fuente: elaboración propia.

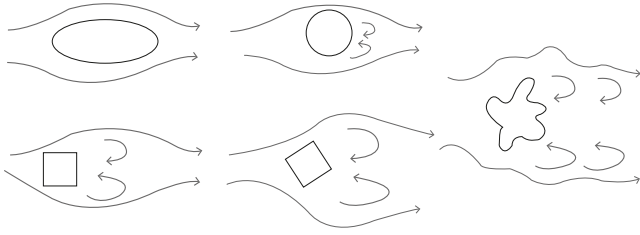


Figura 17. Forma de barrera.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "Vegetación y viento" p.46).

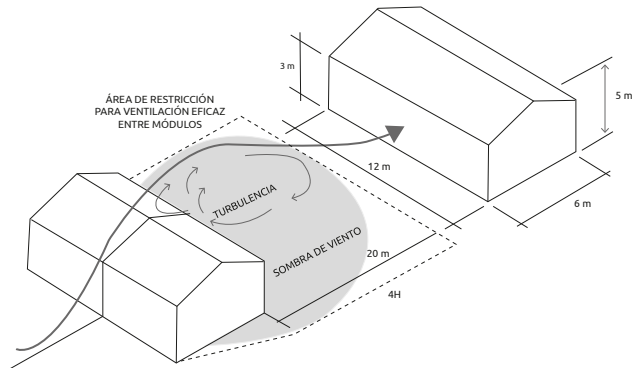


Figura 18. Edificio como barrera.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "El viento principios básicos" p.22).

FORMA: Formas con aristas cerradas o irregulares provocan mayor turbulencia, mientras que formas curvas y ligeras reducen la turbulencia (figura 17).

Los edificios se pueden convertir igualmente en barreras de viento. Según su altura, ancho, inclinación del techo y largo del edificio, puede generarse una determinada sombra de viento. Esto es de gran importancia para el análisis del flujo de viento necesario sobre las diferentes edificaciones que conforman una agrupación (análisis urbano) y para tener un óptimo aprovechamiento y/o control del recurso viento dependiendo de las condiciones climáticas (figura 18).

Ante un determinado flujo de vientos, la cercanía entre edificios puede generar, dependiendo de su altura, una influencia positiva o negativa en los demás edificios presentes en un área urbanizada.

En la siguiente figura, se hace referencia al comportamiento del flujo de viento en diferentes situaciones relacionando volúmenes construidos (figura 19).

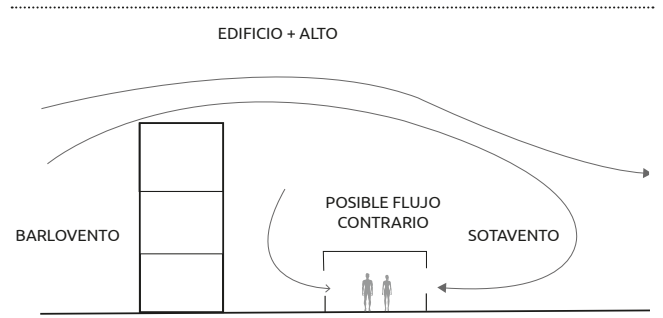
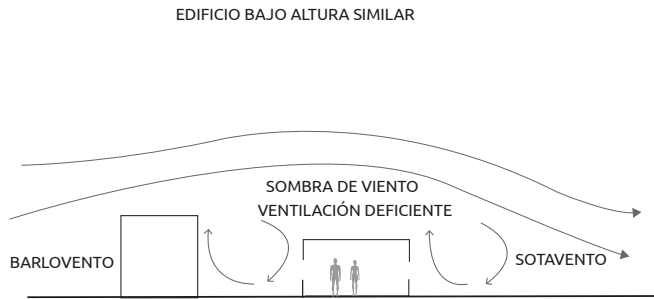


Figura 19. Obstrucción edificio.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "Ventilación natural" p.73).

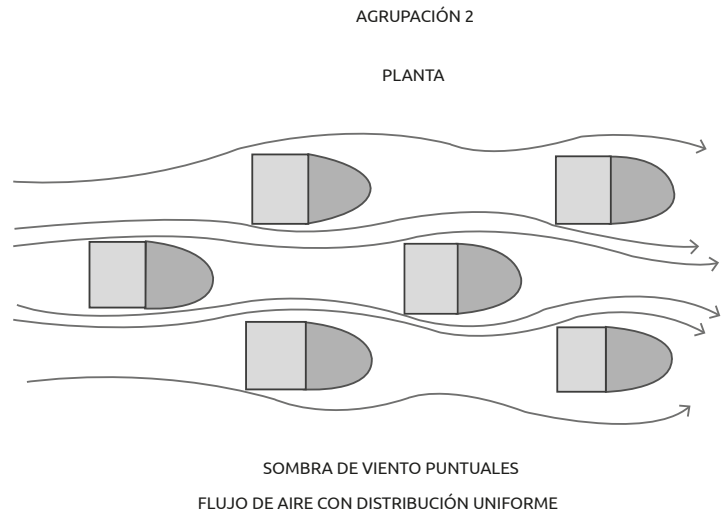
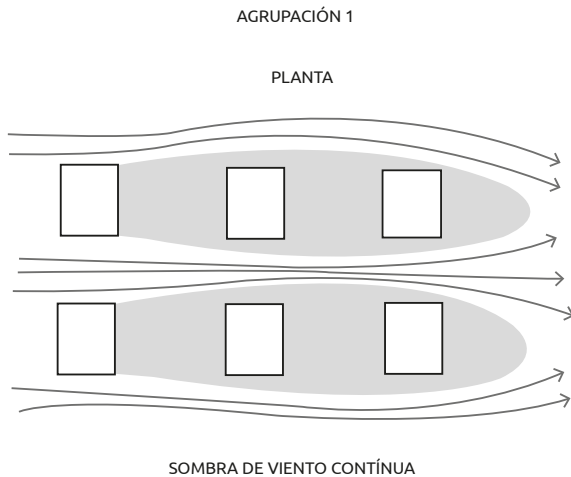


Figura 20. Agrupación de unidades.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "Ventilación natural" p.73).

Ante la presencia de un edificio obstructor de mayor altura, el volumen más bajo presentará unas condiciones de ventilación deficientes, dado que el flujo principal pasará por encima de los volúmenes, con lo cual impedirá una circulación cruzada óptima. A mayor altura del edificio barrera, puede generarse, en sentido contrario, una corriente de aire hacia más bajo, que potencializará la ventilación cruzada en el edificio de menor altura (*figura 20*).

En agrupaciones de unidades paralelas (agrupación 1), el viento pasa sobre los edificios y se canaliza por los espacios libres, generando una mayor sombra de viento de forma continua sobre las siguientes unidades.

En agrupaciones escalonadas (agrupación 2), quedan casi eliminadas las zonas de aire estancado, permitiendo que el flujo fluya libremente, haciendo que las sombras de viento no interfieran sobre las demás unidades.

De acuerdo con lo anterior, se podría decir que la primera agrupación sería más conveniente en un tipo de clima frío, donde la protección de los vientos directos tendría gran importancia. Mientras que la segunda respondería positivamente a los requerimientos de un clima cálido húmedo, donde debe potencializarse un flujo constante de viento.

A continuación, se referencia la tabla de B. Evans, en la que se plantean las relaciones básicas entre la forma, el alto y el largo del edificio, en relación con una posible sombra de viento generada. Esto como base para los análisis básicos de la incidencia del viento ante un determinado edificio pre-existente o generado (*figura 21*).

TABLA SOMBRA DE VIENTO POR TIPO DE EDIFICACIÓN BASE


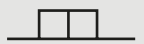





ANCHO (H)	ALTO (H)	INCLINACIÓN DEL TECHO	LARGO DEL EDIFICIO (L)					DIRECCIÓN DEL VIENTO
			2A	4A	8A	16A	24A	
A	A	0°	2 ½	3 ¾	5 ¼	8	8 ¾	
2A	A	0°	2	2 ¾	3 ¾	6	7	
3A	A	0°	2 ¼	3 ¼	4 ½	5 ¾	5 ½	
A	2A	0°	5 ½	8 ¼	11 ¾	16 ¼	18	
A	3A	0°	6 ¾	11 ½	16 ½	18 ¾	20 ¾	
2A	2A	45°	2 ¾	5 ¼	9 ¼	13 ¼	15	
2A	1.6A	30°	3	4	6 ¾	10	13	
2A	1.5A	15°	3	5 ¼	8 ¼	11 ½	14 ½	
2A	1.5A	15°	2 ½	4 ½	6 ½	11	13 ¾	
Formas del edificio			Largo de sombra de viento (x H)					Sección

Figura 21. Tabla de la sombra de viento. Fuente: B. Evans, citado en García y Fuentes (2005, "El viento: principios básicos").

Como tal, la acción del viento sobre las obstrucciones, las barreras o los edificios genera unas zonas de sobrepresión en las superficies donde incide el viento a barlovento, y de baja presión o depresión en las superficies opuestas hacia sotavento.

“Una vez conocidas las presiones que el viento ejerce sobre los cerramientos del edificio, el paso siguiente será determinar los flujos de aire a través del mismo” (Serra, 2006, p. 94).

VENTILACIÓN AL INTERIOR DE LA ARQUITECTURA

Cap. 4

APROVECHAMIENTO Y/O CONTROL DEL VIENTO

La incidencia del viento sobre la arquitectura y sus superficies será diferente de acuerdo con su intensidad, y lo que esta intensidad pueda causar sobre el área o superficie de análisis determinará las condiciones de aprovecharlo y/o controlarlo, dependiendo del uso del proyecto y del clima donde se asiente. Por esto, será fundamental un análisis del tipo de intensidades del viento, como se referenció en la primera parte mediante la tabla de Beaufort.

Lo que se busca al vincular o controlar del viento al interior de la arquitectura es generar habitabilidad en relación con el confort térmico y la salud de los usuarios. Para esto, y según estudios especializados, es importante tener en cuenta el comportamiento del viento y su relación con:

- Los movimientos horizontales
- La vegetación
- Los movimientos verticales

a) Los movimientos horizontales.

Estos están relacionados con la incidencia del viento sobre las superficies y sus aberturas, a partir de la diferencia de presión, entre la zona de barlovento (presión alta) y la de sotavento (presión baja).

La incidencia del viento sobre una edificación crea una zona de presión alta en la cara frontal (a barlovento). El viento rodea la edificación, incrementa su velocidad y crea zonas de relativa baja y alta presión hacia los laterales y de baja presión hacia la cara posterior (a sotavento) (*figura 22*).

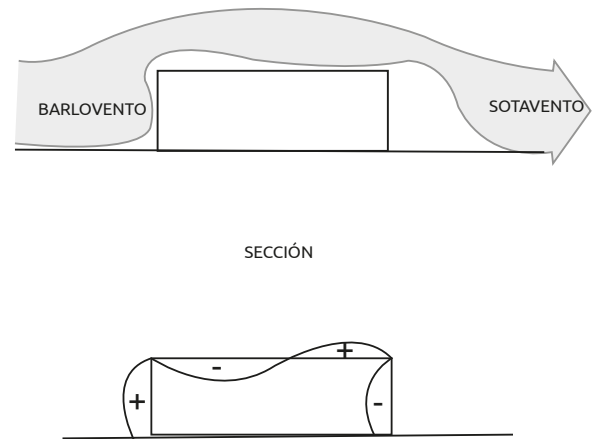
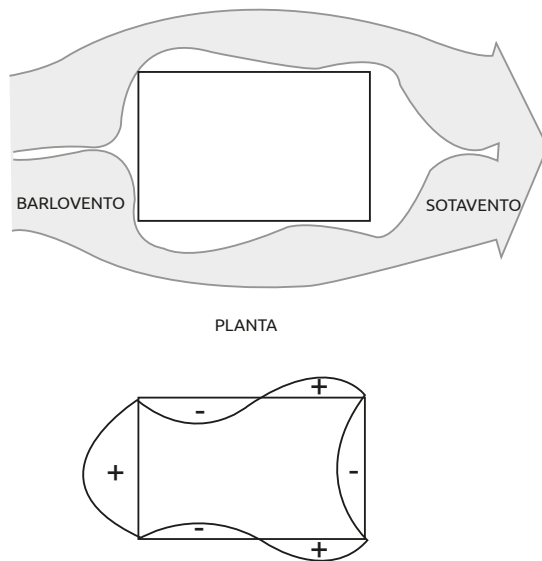


Figura 22. Acción sobre las superficies.

Fuente: Modificado de Serra (2006, "El clima del viento y de la brisa" p.48).

De acuerdo con lo anterior, y en relación con los vientos predominantes, las ventanas de entrada del viento deben ubicarse en las zonas de presión alta y las ventanas de salida en las zonas de presión baja.

Los movimientos horizontales pueden analizarse en función de la localización de entrada y salida, la forma y el tipo de aberturas, el tamaño de las aberturas y las divisiones dentro del espacio.

La **localización de entrada y salida** del flujo de aire en relación con la planta y la sección, en relación con la altura de los vanos, define el eje de ventilación principal (*figura 23*).

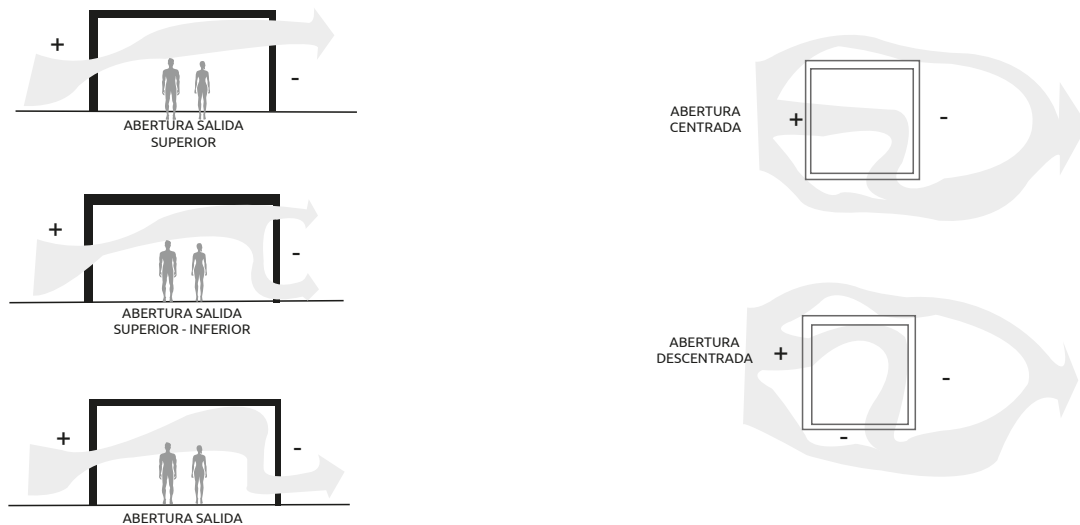


Figura 23. Localización aberturas de entrada y salida.
Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "Ventilación natural" p.52-53).

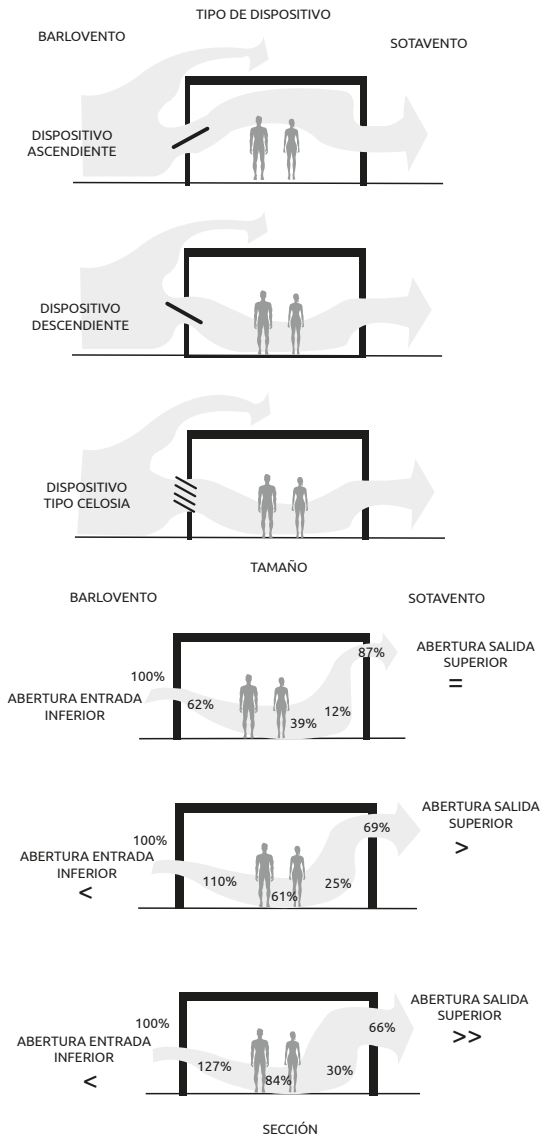


Figura 24. Tipo y tamaño de abertura.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "Ventilación natural" p.55-59).

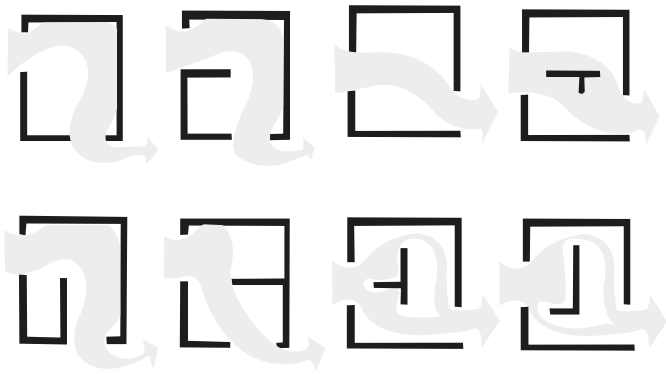
Una abertura en el centro provoca igual presión a ambos lados (el viento entra de frente), mientras que una abertura descentrada provoca presión desigual a ambos lados (el viento entra en diagonal).

La **forma y el tipo de abertura** condiciona el patrón del flujo de aire, siendo este distinto para una ventana corrediza, abatible o de persiana.

El **tamaño de las aberturas** dependerá de las necesidades específicas de ventilación (cantidad de aire necesaria y velocidad interior requerida) (figura 24).

Se puede concluir de forma general que, entre mayor tamaño tenga la abertura de salida en comparación con la de entrada, la velocidad en el interior podría ser mayor. Igualmente, la ubicación de las aberturas de entrada y salida dirigirán de forma más directa el flujo hacia el espacio habitable, si la primera (de entrada) se ubica en la parte inferior y la segunda (de salida) se ubica en la parte superior.

Sin embargo, mas allá de una simple diferencia de tamaños entre aberturas, estudios especializados, como los realizados por Harris J.Sobin, establecen una relación óptima de aberturas, determinada por la siguiente fórmula: $\text{área de salida} / \text{área de entrada} = 1.25$



VISTA EN PLANTA

Figura 25. Divisiones interiores.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "Ventilación natural" p.62).

Las divisiones dentro del espacio serán determinantes para la distribución del flujo de aire al interior de las edificaciones, y deben disponerse de acuerdo con las necesidades de ventilación y velocidad respecto al uso del espacio (figura 25).

En general, si se quiere garantizar un flujo continuo, deben evitarse los muros que lo obstaculicen o disponerlos en el mismo sentido del flujo principal.

b) La vegetación.

Basados en lo planteado en el apartado referido a las barreras y el viento, la vegetación, de forma general, cumple funciones de barrera u obstructor ante un determinado viento, pero esta, a su vez, dependiendo de características, como porte, tipo de follaje y la cercanía con la edificación, puede convertirse en un complemento exterior no solo a modo de control, sino incluso como potencializadora de la circulación del viento al interior de las edificaciones.

Con el diseño de elementos vegetales, como árboles, arbustos, setos, matorrales, etc., incluso algunos elementos no naturales, como celosías, cercas, bardas, etc., pueden crearse zonas de alta o baja presión alrededor de la vivienda con respecto a sus aberturas (García y Fuentes, 2005, "Ventilación natural y su óptimo aprovechamiento en la arquitectura"). Esto puede contribuir a mejorar las

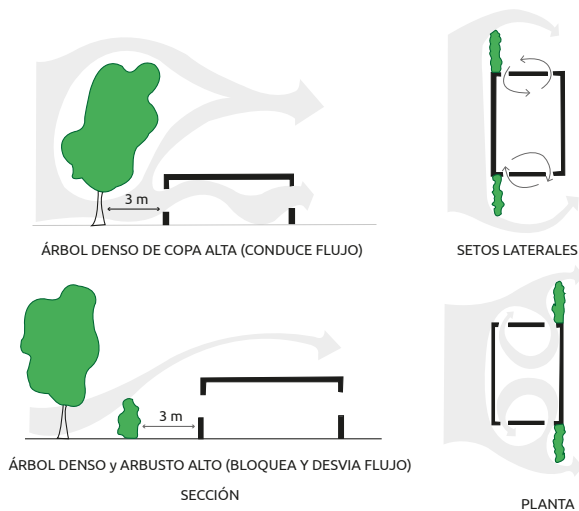


Figura 26. Acción de la vegetación.

Fuente: Modificado de Serra (2006) y García y Fuentes (2006, "El clima del viento y de la brisa" p.48) y García y Fuentes (2005, "Ventilación natural" p.76).

condiciones de ventilación en caso de una orientación no adecuada respecto de los vientos predominantes y las condiciones climáticas.

El follaje denso de un árbol funciona como un bloque al paso del viento en relación con el área de influencia de la copa, pero la velocidad del viento directamente debajo de esta aumenta; no pasará lo mismo con arbolado poco denso, como se explicó en el apartado de las barreras. Esto puede ayudar a conducir un viento de forma más directa y veloz en el interior.

La vegetación de bajo porte como setos o arbustos, según su altura y proximidad con las aberturas del edificio, igualmente influyen el comportamiento del flujo de aire. En los arbustos de bajo y mediano porte, el flujo de aire puede ser conducido de forma más directa hacia el interior del espacio, mientras que los de mayor altura, dependiendo de la distancia a la edificación, pueden bloquear la incidencia directa del viento en el interior.

La mezcla entre vegetación de alto y bajo porte puede ayudar a generar unas condiciones determinadas en el comportamiento del viento tanto para su control como para su potenciación. Mientras más cerca se dispongan uno del otro, el efecto de protección al viento directo será mayor (figura 26).

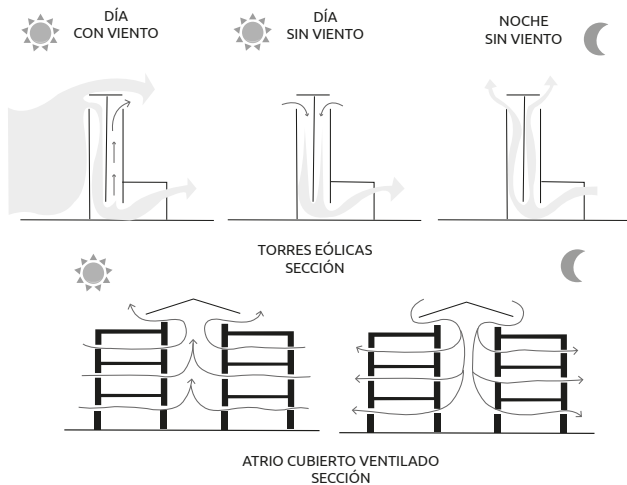


Figura 27. Movimientos verticales.

Fuente: Modificado de García y Fuentes (2005, "Ventilación natural" p.80-85).

Igualmente, en situaciones donde la orientación de las aberturas no corresponda con los vientos predominantes, la disposición de vegetación, como setos laterales a la edificación, puede ayudar a potencializar el ingreso del viento en el interior desde las caras opuestas al viento predominante.

c) los movimientos verticales.

Relacionados con el efecto chimenea, como potencializador del enfriamiento del espacio interior. Pueden analizarse en función de la captación del viento y el tipo de componente o sistema.

"El efecto chimenea es un movimiento natural causado por diferencias térmicas y de presión del aire entre los distintos estratos" (García y Fuentes, 2005, "Ventilación natural y su óptimo aprovechamiento en la arquitectura"). Este efecto puede darse mediante componentes arquitectónicos (sistemas pasivos de control climático) tanto de forma ascendente en cúpulas y chimeneas como descendente en torres eólicas.

Existen diversidad de sistemas relacionados con este tipo de movimientos, como los sistemas captadores de viento y chimeneas de doble control térmico, conocidos en el norte de África y Medio Oriente como los Malkaaf Hawah y los Bad gir, respectivamente, que aportan positivamente al enfriamiento de los espacios en regiones con condiciones de aridez y sobrecalentamiento; y los

patios y atrios, que en la arquitectura más común se convierten igualmente en sistemas de control y/o potenciación de la ventilación en la arquitectura. Estos, dependiendo de las condiciones de viento, temperatura, momento del día y dispositivos de control pueden tener un comportamiento determinado, y garantizar unas mejores condiciones de ventilación (*figura 27*).

Las torres eólicas funcionan haciendo cambiar la temperatura y densidad del aire en el interior, y su funcionamiento no será el mismo en el día como en la noche, ni ante la presencia o ausencia de viento. “El efecto de enfriamiento y la duración de cada fase del funcionamiento de la torre cambian según las fluctuaciones de la temperatura del aire, intensidad de la radiación solar, velocidad del viento, etcétera” (García y Fuentes, 2005, “Ventilación natural y su óptimo aprovechamiento en la arquitectura”).

Los patios y atrios cumplen funciones de control climático. Estos pueden tener elementos de cubierta fijos o móviles que permiten su adaptación a unas determinadas condiciones climático-ambientales, y que dependiendo de su forma y materialidad potencializarán o controlarán los movimientos de aire. En los atrios ventilados con cubierta fija, por ejemplo, como se muestra en la figura 27, el flujo de aire contribuirá al enfriamiento tanto en el día como en la noche, garantizando la ventilación cruzada.

VENTILACIÓN NATURAL Y CONFORT HIGROTÉRMICO

Cap. 5

El confort higrotérmico, referido a la sensación de bienestar térmico en el cuerpo humano, relacionado con unas condiciones bioclimáticas determinadas, depende de unas circunstancias de ventilación confortables, sobre todo al interior de la arquitectura. El viento, como un fluido, tiene la capacidad de transferir la energía calórica acumulada en un cuerpo o medio determinado, de tal forma que esta energía o calor puede ser evacuado y transferido por convección, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar. Ante esto el reconocimiento de las condiciones y características climáticas del lugar es fundamental para garantizar un diseño adecuado de ventilación en la arquitectura. “Las estrategias de diseño que deben seguirse para un clima cálido-húmedo son muy distintas a las de un clima cálido-seco o uno frío o templado” (García y Fuentes, 2005, “Ventilación natural” p.87).

Diferentes estudios y análisis en relación con el confort térmico han sido desarrollados por especialistas en los temas bioclimáticos, siendo planteamientos como los de Víctor Olgyay o Baruch Givoni, con sus conocidos diagramas bioclimáticos, el de Olgyay enfocado más a las condiciones exteriores y el de Givoni a las interiores, la base de muchos estudios y análisis respecto del tema en relación con la definición de unas áreas de confort según los tipos de clima (*figura 28*).

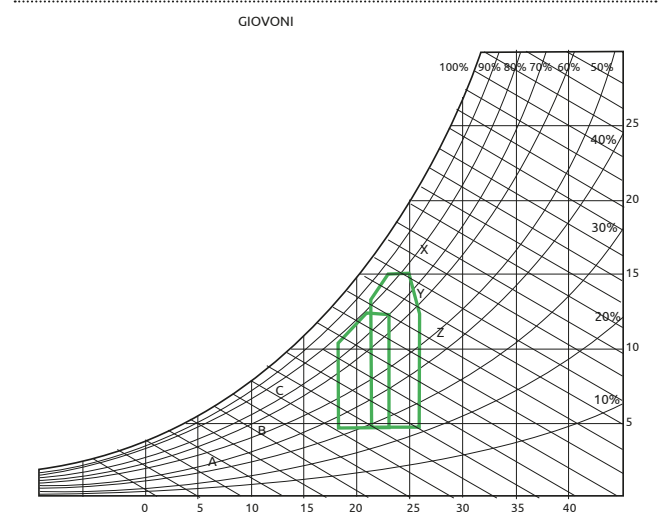
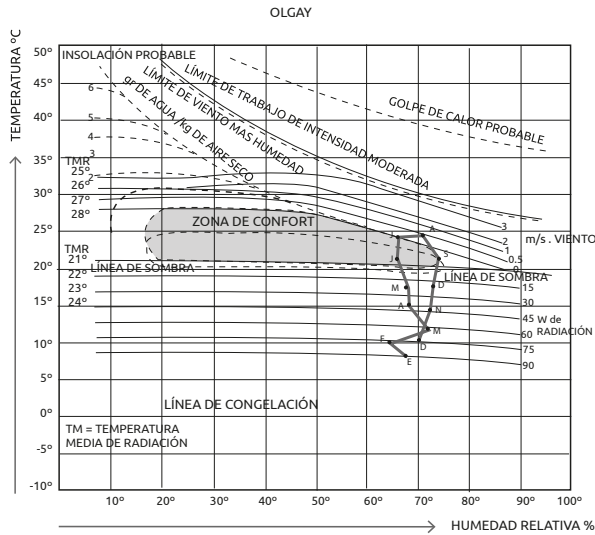


Figura 28. Diagramas de Olgay y Givoni.
Fuente: Citado en Serra y Coch (1995).

Siendo el análisis y estructuración de estos gráficos un tema mucho más complejo de lo que esta cartilla pretende abarcar, dada la relación entre diferentes variables que intervienen en el clima y las condiciones de confort, que requerirían un número aparte para su explicación a fondo, se restringe la relación a las condiciones de confort que el viento, de forma general, podría entrar a determinar en diferentes tipos de clima.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones y estrategias generales en relación con el viento, según diferentes tipos de clima:

CLIMA CÁLIDO - HÚMEDO

Un aire cargado de humedad dificulta el proceso de evaporación, relacionado directamente con mecanismos biológicos, como el de la sudoración del cuerpo humano para refrescarse ante las altas temperaturas. Frente a esto, la acción del viento cumple un papel fundamental, dada la capacidad que este tiene para evacuar por convección los excesos de humedad.

- La edificación debe abrirse y ser permeable ante la acción del viento.
- Los muros como elementos sólidos y sellados deben reducirse al máximo, permitiendo mayor área de aberturas, controladas a partir de cerramientos que opongan mínima resistencia al paso del viento (persianas, celosías, calados, etc).
- Las edificaciones generalmente se levantan del suelo, para garantizar la deshumidificación por acción del viento en todas sus superficies. *(figura 29).*

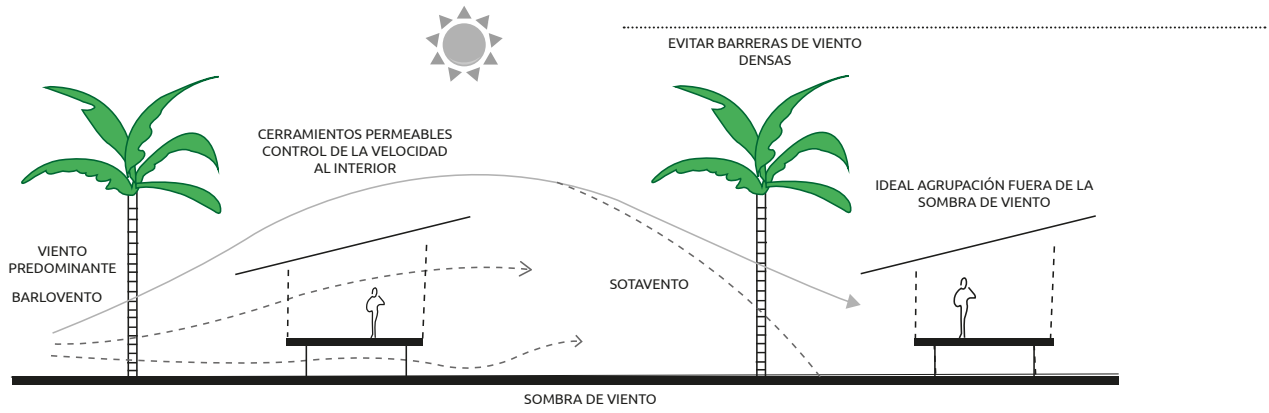


Figura 29. Clima cálido húmedo.
Fuente: Elaboración propia.

CLIMA CÁLIDO - SECO

En condiciones de aire sobrecalentado (generalmente con temperaturas superiores a 35 °C y baja humedad relativa), puede generarse una sensación térmica de discomfort ante la acción del viento en los espacios, dado que pueden comenzar a darse ganancias de energía por convección, por lo que, en este tipo de climas, la protección frente a los vientos cargados de calor es de gran importancia.

- Hay que restringir el paso directo del viento cálido, minimizan la ventilación en el día, para que no aumente la sensación de calor.
- “El área de las aberturas debe ser pequeña, aunque nunca menor a 1/10 parte respecto al muro”. (Givoni, 1962, citado en García y Fuentes, 2005 “Ventilación natural” p.87)

-
- Puede potenciarse el enfriamiento del aire con vegetación semipermeable, o con sistemas de enfriamiento pasivo (refrigeración evaporativa) antes de ingresarlo al interior (*figura 30*).

CLIMA FRÍO

En condiciones de aire frío, el viento adquiere una gran capacidad y efectividad en el enfriamiento del ambiente, con lo cual potencia las pérdidas de energía por convección y genera una sensación térmica de discomfort ante la acción directa del viento en los espacios.

- Hay que restringir el paso directo del viento, minimizando la ventilación, pues un viento frío al interior puede aumentar la sensación de frío.
- “El área de las aberturas debe ser pequeña, aunque nunca menor a 1/10 parte respecto al muro”. (Givoni, 1962, citado en García y Fuentes, 2005 “Ventilación natural” p.87).
- Puede potenciarse el uso de barreras de viento vegetales densas o sólidas, para reducir la incidencia directa del viento hacia el interior. (*figura 31*).

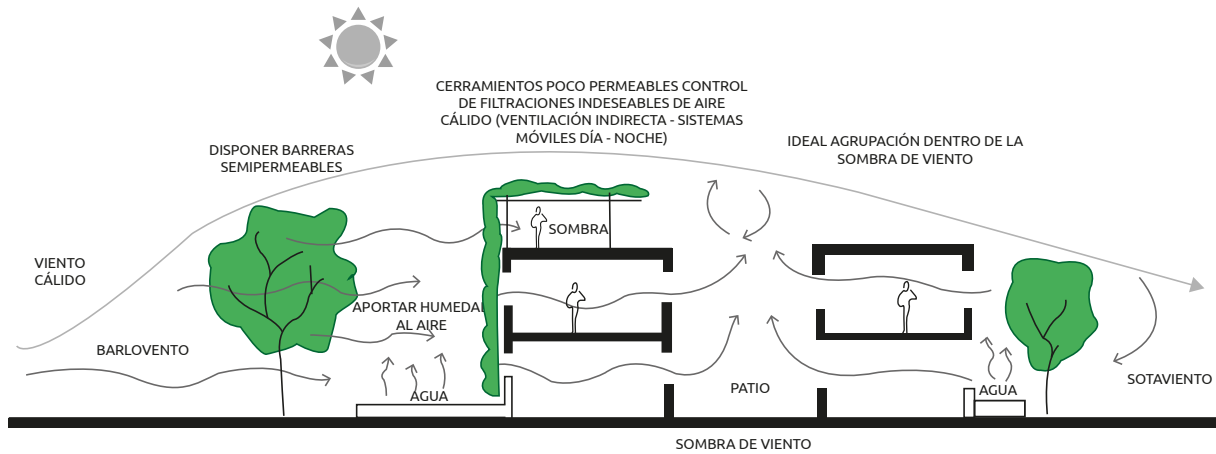


Figura 30. Clima cálido seco. Fuente: Elaboración propia.

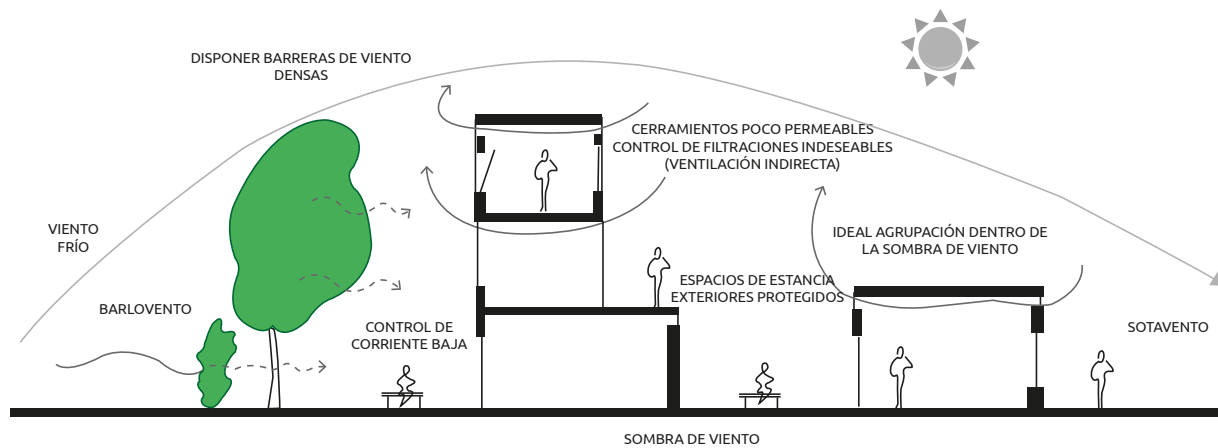


Figura 31. Clima frío. Fuente: elaboración propia.

En climas regulares, o con unas condiciones climáticas más equilibradas, como puede ser una relación de temperatura media de 22 °C y humedades relativas intermedias alrededor de 60 %, debe vincularse siempre la ventilación cruzada como estrategia para garantizar un adecuado confort térmico.

Más allá de lo planteado en relación con el confort térmico en los espacios, el requerimiento de la presencia del flujo de aire se ve condicionado por dos aspectos fundamentales en relación con el uso de los espacios: la velocidad del flujo de aire permisible y las renovaciones del aire por hora para garantizar el confort y la salud de los usuarios.

En relación con el primer aspecto, dentro de lo general se plantea que un flujo de aire se hace perceptible cuando sobrepasa los 0.3 m/s; sin embargo, con intensidades que superen los 1 a 2 m/s, dependiendo del uso del espacio, pueden darse situaciones incómodas, ya que, "comienza a darse una molestia por posibles ráfagas, al tiempo que una corriente de tales magnitudes puede volar papeles y objetos ligeros o transportar polvo y tierra" (Rosales, s. f.).

Asimismo, independientemente de la condición climática, se deberá garantizar un mínimo flujo de viento en los espacios para la renovación de aire; aspecto necesario para garantizar que un espacio genere condiciones saludables.

La renovación de aire, que se refiere al número de cambios del volumen total de aire interior, que debe darse en un espacio en un periodo de una hora, depende del tamaño del espacio (volumen), la calidad del aire y el número de ocupantes.

La relación entre estos dos aspectos complejiza aún más las relaciones entre viento, ventilación y arquitectura, requiriendo, en ocasiones, análisis y estrategias especializadas, sobre todo en los climas o momentos climáticos más extremos.

SÍNTESIS DE PASOS BÁSICOS A SEGUIR EN LA PROYECTACIÓN

Cap. 6

Se presenta a continuación una propuesta de pasos a seguir dentro del proceso proyectual, que articulados con los conceptos expuestos en la cartilla, permitirían una vinculación integral y coherente del componente viento con el proyecto arquitectónico.

- a.** Identificar la ubicación geográfica general y específica: latitud, relación tierra-agua, altitud y topografía.
- b.** Identificar la predominancia e intensidad del viento a partir de la rosa de los vientos del lugar determinado.
- c.** Referenciar la rosa de los vientos o datos de intensidad y dirección en relación con el lugar específico.
- d.** Identificar la presencia de factores o elementos naturales y/o artificiales importantes, que condicionen el comportamiento del viento en relación con el lugar específico.
- e.** Relacionar los factores o elementos identificados en relación con el lugar específico, con la dirección e intensidad de los vientos predominantes.

f. Determinar los posibles cambios en el flujo de vientos, generados por la presencia de elementos o barreras naturales y/o artificiales en relación con el lugar específico.

g. Relacionar la incidencia del viento con las necesidades del proyecto y el tipo de clima.

h. Definir el tratamiento de las superficies donde incide el viento, sea para conducirlo o bloquearlo hacia el interior, de acuerdo con las necesidades del proyecto.

i. Vincular sistemas de protección, control o potencialización del viento, mediante barreras y/o dispositivos flexibles, según el clima y necesidades del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

GARCÍA CHÁVEZ, J. R. (2005). PREFACIO. EN J. R. GARCÍA CHÁVEZ Y V. FUENTES, VIENTO Y ARQUITECTURA. EL VIENTO COMO FACTOR DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO. MÉXICO: TRILLAS.

GARCÍA CHÁVEZ, J. R. Y FUENTES FREIXANET, V. (2005). EL VIENTO: PRINCIPIOS BÁSICOS. EN J. R. GARCÍA CHÁVEZ Y V. FUENTES FREIXANET, VIENTO Y ARQUITECTURA. EL VIENTO COMO FACTOR DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO (P. 186). MÉXICO: TRILLAS.

GARCÍA CHÁVEZ, J. Y FUENTES FREIXANET, V. (2005). VENTILACIÓN NATURAL Y SU ÓPTIMO APROVECHAMIENTO EN LA ARQUITECTURA. EN J. R. GARCÍA CHÁVEZ Y V. FUENTES FREIXANET, VIENTO Y ARQUITECTURA. EL VIENTO COMO FACTOR DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO (P. 186). MÉXICO: TRILLAS.

SERRA FLORENSA, R. Y COCH ROURA, H. (1995). ARQUITECTURA Y ENERGÍA NATURAL. BARCELONA: EDICIONES UPC.

SERRA FLORENSA, R. (2006). EL CLIMA DEL VIENTO Y DE LA BRISA. EN R. SERRA, ARQUITECTURA Y CLIMAS (P. 94). BARCELONA: GUSTAVO GILI.

ROSALES, L. (S. F.). CONFORT TÉRMICO. RECUPERADO DE [HTTP://WWW.SCRIBD.COM/DOC/105527570/CONFORT-TERMICO](http://www.scribd.com/doc/105527570/CONFORT-TERMICO)

UPME E IDEAM (2006). ATLAS DE VIENTO Y DE ENERGÍA EÓLICA DE COLOMBIA. BOGOTÁ: UPME E IDEAM.

AMBIENTALMENTE



Laboratorio de
**Ambientes
Sostenibles**



**Universidad
Piloto de Colombia**
UN ESPACIO PARA LA EVOLUCIÓN



ARQUITECTURA



www.unipiloto.edu.co