

**ANEXO 2: Estudio Bioclimático: Estudio de los vientos - subzona
Avenida del Rio.**

**Documento de trabajo para ser incluido en el capítulo de
Diagnostico del *proyecto: Operación Estratégica Ribera del Rio
Magdalena. Subzona Avenida del Rio.*
20/08/2020.**

Antonio Olmos
Ester Higuera

UNIVERSIDAD DEL NORTE

1. Los vientos en el litoral Caribe de Colombia

Para un correcto diagnóstico bioclimático que permita definir las estrategias de urbanismo y de diseño arquitectónico más adecuadas para el contexto en el que se localizan, es preciso comprender los condicionantes climáticos locales.

Es por ello, que en este primer capítulo se describe la climatología del régimen de los vientos predominantes en la ciudad de Barranquilla, que son los mismos que afectan a la mayor parte de la región Caribe de Colombia.

1.1. Circulación general de la atmósfera en Colombia

La cercanía de Colombia con el eje del Ecuador, hace que su territorio reciba del Sol una cantidad de energía, por unidad de área, mayor que las zonas ubicadas en latitudes medias y altas. Sobre las franjas latitudinales cercanas al ecuador, los rayos solares inciden de manera perpendicular, a diferencia de las latitudes media o altas donde la incidencia de dicha radiación es inclinada, lo cual produce un calentamiento de la superficie, emitiendo radiación a la atmósfera.

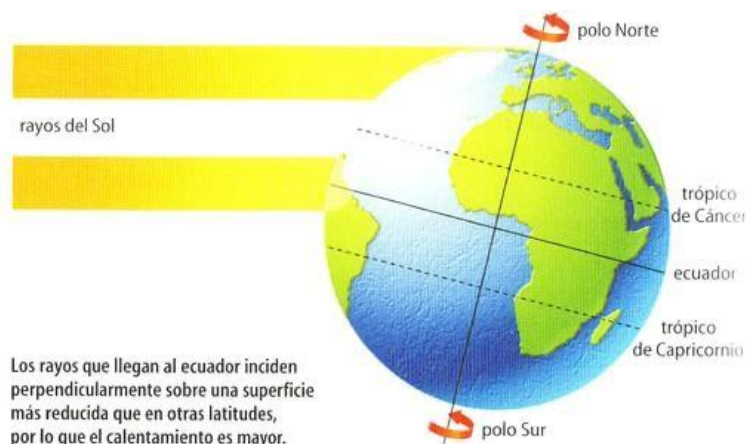


Figura 1. Radiación solar sobre el ecuador.

Fuente: eduardosberrio.wikispaces.com

Contrario a lo que comúnmente se piensa, debido al fenómeno conocido como **diatermancia**, la atmósfera terrestre no se calienta mediante la acción directa de los rayos solares que le atraviesan, sino gracias a la transferencia de energía calórica que recibe desde la superficie terrestre y acuática del planeta.

El calentamiento de la atmósfera en esta zona, así como la fuerza centrífuga y la fuerza de Coriolis, producida por la rotación de la Tierra, constituyen el motor¹ para el movimiento de las grandes masas del aire continental que se presentan en esta zona de la tierra;

1. CIOH-meteorología operacional.

Disponible en: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla2.php>

desplazamiento meridional de los vientos del hemisferio norte, desde las altas presiones polares hasta las bajas presiones ecuatoriales.

1.2. Los vientos alisios del norte

Este desplazamiento generado en el hemisferio norte a partir de las altas presiones subtropicales (la alta presión de Azores - latitud 30° - es el sistema que regula la incidencia de los vientos alisios para el océano Atlántico y el Mar Caribe) en dirección a las bajas presiones ecuatoriales (latitud 0° o Ecuador) se denomina **vientos alisios del norte**. Los cuales se constituyen en masas de aire cálido que se desplazan en sentido noreste-suroeste.

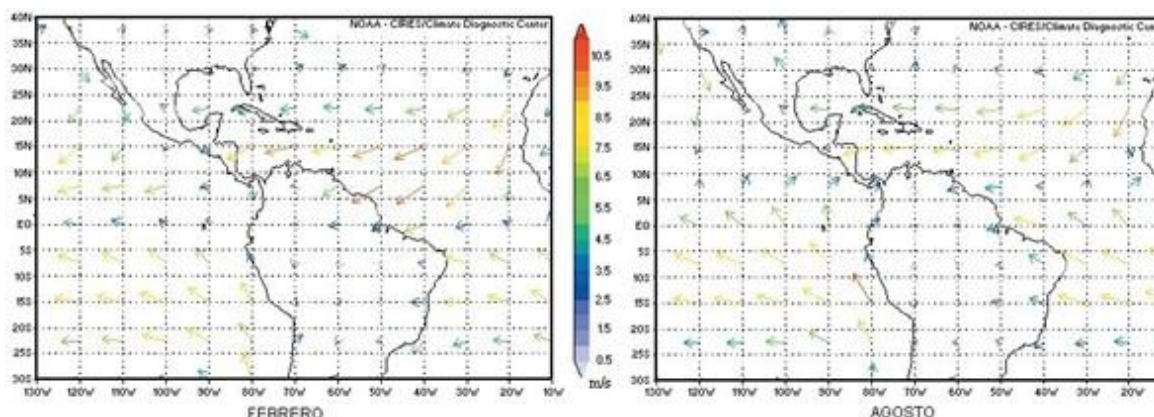


Figura 2. Campos medio del viento en superficie para los meses de febrero y agosto, con base en los datos del Reanalysis NCEP/NCAR, para el período 1968-1996.

Fuente: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla2.php>

Éstos, al acercarse al Ecuador, aumentan su temperatura a medida que van disminuyendo de latitud y ascienden en las proximidades de dicho eje, fundamentalmente debido al mayor calentamiento de la atmósfera en esta zona y a la rotación de la Tierra. Esto da origen a que en el Ecuador la atmósfera sea más gruesa que en toda la superficie terrestre². Estas masas de aire cálido al elevarse generan un vacío (baja presión) o cinturón a lo largo del Ecuador, que atrae a las masas de aire circundantes. Esta depresión es conocida como la vaguada ecuatorial.

En su ascenso se enfrían (proceso adiabático) y retornan nuevamente mediante grandes velocidades por las altas capas de la atmósfera, a la franja de altas presiones subtropicales, generando los denominados vientos **contralisios**³, donde descienden por su peso (aire frío y seco), generando el ciclo convectivo alrededor de esta franja del planeta, denominado célula (convectiva) de Hadley.

2. Glossary of Meteorology (2010). «Trade winds». American Meteorological Society.

3. IBÍDEM.

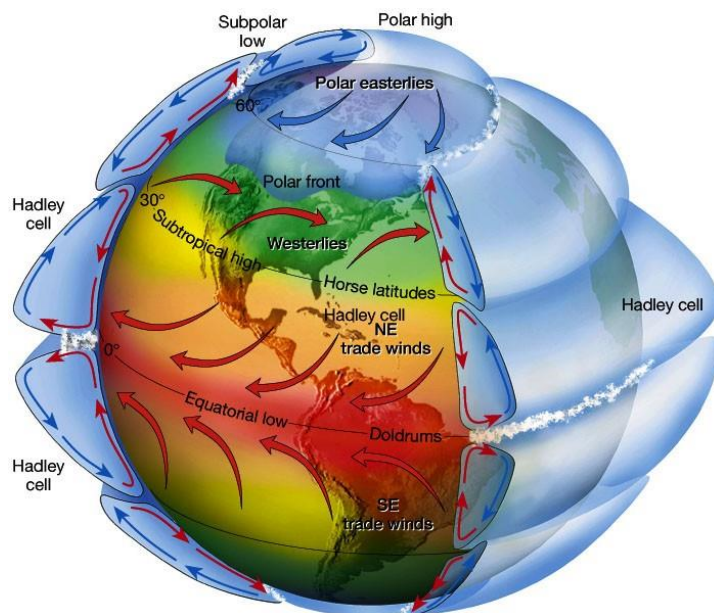


Figura 3. Sistema general de circulación de las masas de aire en el planeta.

Fuente: www.ux1.eiu.edu

Los vientos alisios del norte (en inglés: *NE trade winds*) están asociados al buen tiempo:

“Cuando el aire se acerca al Ecuador, los vientos Alisios del noreste y sureste convergen sobre una estrecha zona a lo largo de él, denominada Zona de Confluencia Intertropical; en ella la inversión se debilita y el aire se eleva, el desarrollo vertical de las nubes aumenta y la inestabilidad se extiende a mayores altitudes. Las precipitaciones se hacen más fuertes y más frecuentes.

*Estos vientos pueden variar de dirección por efectos locales de topografía y rozamiento; sin embargo, son conocidos por su persistencia y regularidad. Sobre los océanos, se caracterizan por la presencia de nubes cúmulos cuya base está alrededor de un kilómetro y su cima hacia los dos kilómetros de altura. El limitado desarrollo de las nubes y el tiempo generalmente bueno que está asociado con los Alisios, dependen de la inversión de los Alisios. El descenso de aire, subsidencia, en los cinturones de altas presiones subtropicales provoca la formación de una inversión de temperatura que persiste en una parte del trayecto del aire hacia el Ecuador, la cual separa el aire húmedo de los Alisios, situado abajo, del cálido y muy seco situado arriba. Esta inversión actúa como una especie de tapa que limita el desarrollo de las nubes, especialmente sobre los océanos”.*⁴

1.3. La Zona de Confluencia Intertropical. ZCIT.

Es la estrecha banda de carácter zonal cercana al Ecuador, donde teóricamente, convergen los vientos alisios del norte con los vientos alisios del sur, entre los cuales se encuentra la

4. Fuente: CIOH.

Disponible en: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla2.php>

denominada zona de calmas ecuatoriales. Es la misma razón por la cual una tormenta del hemisferio norte no atraviesa el ecuador, hacia el hemisferio sur, ni viceversa⁵.

También es denominada zona de convergencia ecuatorial. Es una zona de vientos ascendentes constituidas por aire cálido proveniente de las altas presiones subtropicales o zona inter-tropical.

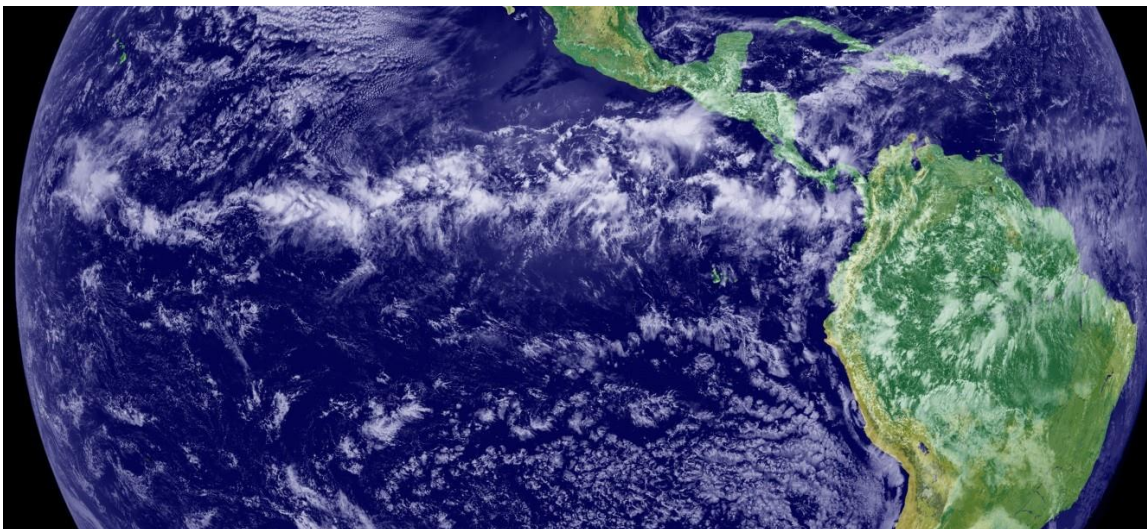


Figura 4. Zona de confluencia inter tropical vista desde el espacio.

Fuente: <http://earthobservatory.nasa.gov>

Las imágenes del satélite confirman, mediante la apreciación de los cúmulos, la fuerte convección que se presenta en esta banda zonal. Debido al flujo convergente esta franja es de máxima nubosidad y precipitaciones. En Colombia su paso por las diferentes zonas va determinando sus correspondientes épocas de lluvia.

Su localización no es fija, de hecho, no es una banda compacta ni continua, sino que se encuentra constituida por conglomerados nubosos, la gran mayoría del tipo cirrus, que llegan a abarcar cientos de kilómetros, separados muchas veces de amplias porciones de cielo despejado. Casi nunca la veremos centrada en el Ecuador, pues se mueve latitudinalmente con el desplazamiento del sol respecto a la Tierra, con un retraso aproximado de dos horas.

En Colombia la zona de confluencia inter-tropical va determinando las diferentes épocas de lluvia a medida que va atravesando las distintas zonas.

En el litoral Caribe, la ZCIT afecta de manera relevante al ingreso de los vientos alisios del norte. Durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, la franja se sitúa en su posición más extrema hacia el hemisferio sur, lo cual da paso a las fuertes velocidades de viento obtenidas en dicho periodo, mientras que en los meses de julio y agosto la ZICT se

5. Foghin-Pillín, Sergio (2002). Tiempo y clima en Venezuela. Aproximación a una geografía climática del territorio venezolano. Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Miranda, p.31

encuentra en su posición, más extrema hacia el hemisferio norte, con lo cual la intensidad de los vientos en dicho litoral se reduce drásticamente. La migración de la ZCIT influye directamente en el clima del Caribe y regula el régimen de precipitaciones en todo el territorio nacional (Figura 5).

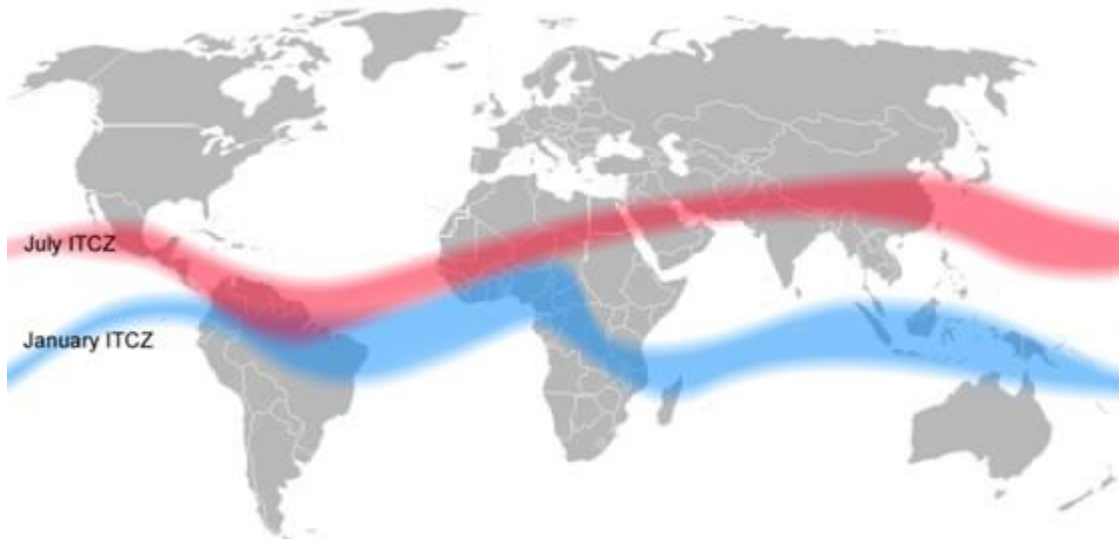


Figura 5. Posición media de la ZCIT para los periodos enero y julio.
Fuente: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia>.

1.3.1. Los vientos alisios del norte en el litoral Caribe de Colombia.

En general, los vientos alisios y la posición de la zona de convergencia intertropical ZCIT determinan, en la escala sinóptica, el comportamiento del viento en Colombia a lo largo del año⁶.

En meteorología, *sinóptico* se usa para referirse a los fenómenos que ocurren en el lapso de días y en escalas de longitud del orden de algunos kilómetros. La meteorología sinóptica es la rama de la meteorología que estudia estos fenómenos y está estrechamente ligada al pronóstico del tiempo pues son los sistemas sinópticos los responsables principales de los cambios del tiempo⁷.

De carácter constante, más en época de verano que en época de invierno, los alisios del norte son secos pero su paso por el Atlántico los carga de humedad.

En el litoral Caribe de Colombia su máxima intensidad se presenta en el periodo comprendido entre los meses de diciembre a marzo, (época de brisas o época seca) esto

6. Blanco, José A. (1997). «Geografía Física de Barranquilla». En Rodolfo Zambrano. Historia General de Barranquilla (Primera edición). Mejoras. pp. 13–22. ISBN 958-96185-0-2.

7. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Colombia.

Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358026/358026/exe-learning_CFM/leccin_23_escalas_sinoptica_y_mesoescala.html

debido a la migración de la ZCIT. Al final de la época de brisas, los alisios del norte se orientan más al norte-sur debido al desplazamiento del anticiclón que los genera⁸.

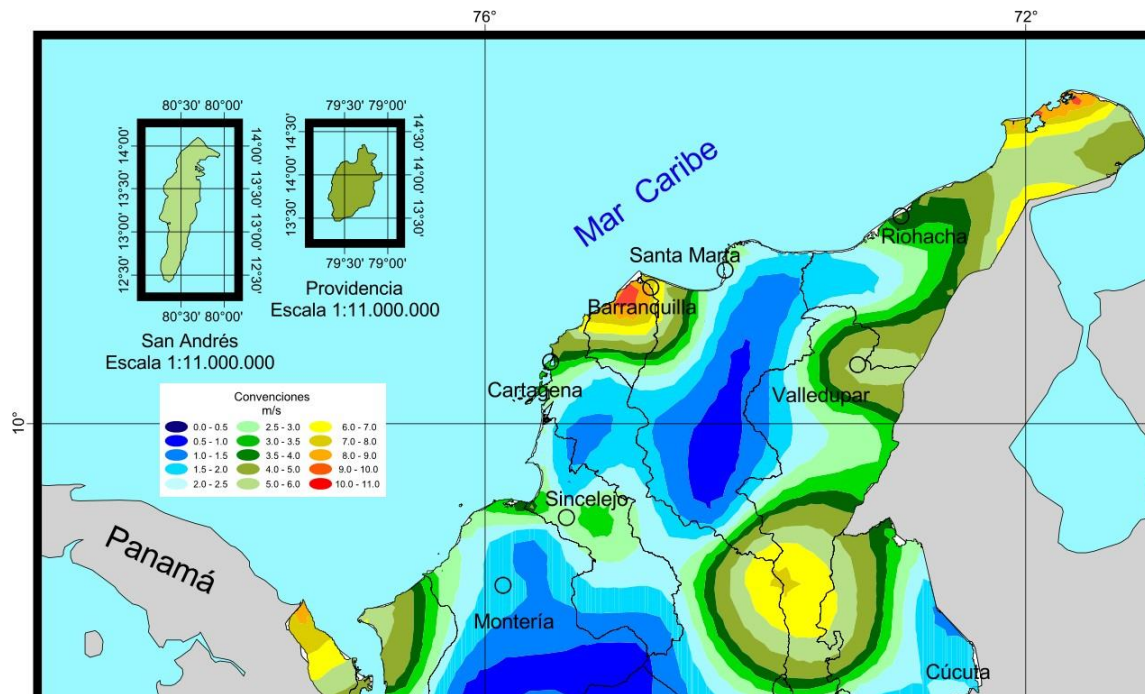


Figura 6. Intensidad de los vientos en el litoral Caribe de Colombia, mes de enero. Obsérvese máx. Valores en Atlántico y Guajira. (Rojo)

Fuente: Atlas del viento y energía eólica de Colombia. IDEAM-UPME. 2006.

En general los vientos alisios inciden al territorio paralelos al litoral, en las ciudades de Riohacha, Santa Marta, Barranquilla y Cartagena de Indias, directamente desde el mar Caribe. En las ciudades de Sincelejo y Montería su incidencia es mínima, ya que la ubicación de estas se encuentra alejada de la costa.

Mientras que, en el departamento del César, ingresan luego de recorrer y aridecer toda la península de La Guajira, para luego discurrir por su valle (de Upar) que actúa de gran canal de vientos, formado por la serranía del Perijá y la sierra nevada de Santa Marta. En las islas de San Andrés y Providencia el influjo es directo al atravesar su territorio con una componente noreste-este. En el litoral Caribe, estos vientos determinan también las condiciones medias del oleaje en aguas profundas⁹.

A continuación, veamos cómo es el comportamiento de estos vientos en las diferentes épocas climáticas del año, que se presentan en el litoral Caribe de Colombia.

Época seca o de verano (diciembre a marzo)

8. Reichel-Dolmatoff, Jimeno. (1912-1994) Caribe Colombia.

9. Climatología de oleaje en el mar caribe colombiano. IDEAM. Ortiz J.C., Montoya R.D., Osorio A. y Otero L.J.

La ZCIT se posiciona hacia los 8°N en el mes de diciembre y en los 4°N de enero a marzo. Lo cual ocasiona vientos fuertes del sector norte-noreste, así como lluvias débiles y escasas. En esta época ingresan los frentes fríos o polares, hasta los 15°N, que originan en el mar, el fenómeno conocido como mar de leva.

A medida que avanza el mes de marzo, también desciende la posición de la ZCIT, dando paso al aumento de la humedad y a la paulatina disminución de los vientos. El régimen extremo del oleaje esta zona es dominado por el paso de estos frentes polares (Ortiz et al., 2013). Cabe anotar que, por la presencia semicontinua de la baja presión del Darién, en el litoral Caribe centro y sur, se originan nubosidades y precipitaciones importantes.

Primera época húmeda o época de invierno (abril a junio)

En general toda la época húmeda o lluviosa se caracteriza por vientos débiles de orientación variable así mismo régimen de lluvias abundantes.

La ZCIT asciende gradualmente hasta los 8°N. Así mismo la alta presión del Atlántico asciende hacia las altas latitudes (Azores) por este motivo el comportamiento del viento para esta época es a disminuir. Hacia el mes de mayo inicia la temporada de las ondas del este; aumentos de la nubosidad y precipitaciones.

Época de transición (junio a julio)

Hacia finales del mes de junio, desciende la alta presión de Las Bermudas, debido al gradiente de presión que se presenta con la ZCIT. El viento se intensifica, a este fenómeno se le conoce en gran parte del Caribe como veranillo de San Juan. Cuyas características son el aumento de temperatura (promedio 28°C) y humedad relativa, acompañados de cielo despejado y aumento del brillo solar.

Segunda época húmeda o época de invierno (agosto a noviembre)

La ZCIT se mantiene por encima de los 10°N llegando a alcanzar los 15°N. La alta presión de Las Azores permanece por encima de los 30°N con lo cual la incidencia directa de los alisios disminuye considerablemente en octubre, dando paso a la formación de núcleos convectivos sobre el litoral. El paso continuo de las ondas del este, aunado a lo anteriormente comentado, originan el incremento de las precipitaciones muy característico de este periodo.

1.3.2. Los vientos alisios del norte, en la ciudad de Barranquilla

Barranquilla se encuentra emplazada sobre la margen occidental del Río Magdalena, justo cuando este hace su entrega al mar Caribe. El río traza en su recorrido por el país, un eje

en sentido sur - norte. Hacia la margen oriental se extiende el departamento del Magdalena hasta la Sierra Nevada de Santa Marta. Los vientos ingresan a la ciudad penetrando por el parque natural isla de Salamanca, ubicado en ese departamento, Río Magdalena en medio. Por ello es común escuchar a los lugareños describir al río como el lugar de procedencia de los vientos en la ciudad. Estos vientos son los alisios del norte.

Los vientos alisios caracterizan el clima de la ciudad, en conjunto con su ubicación dentro de la Zona de Confluencia Inter Tropical ZCIT. Son vientos que penetran al territorio paralelos al litoral, lo hacen cargados de humedad que han recogido del océano y que continúan recogiendo al interior de la ciudad, transportándola hacia el interior de la región caribe hasta las estribaciones de la Cordillera de los Andes, donde producen fuertes precipitaciones. El efecto de fricción del viento con la rugosidad de superficie que representan los bosques de manglares del Parque Natural Isla de Salamanca, no disminuyen sustancialmente las fuertes velocidades que adquieren los alisios para los meses de enero febrero y marzo (valores máximos entre 7-8 m/s).

“Los vientos alisios son secantes y en determinadas épocas del año soplan con más energía, aumentando la sequía en la región. La sequía también se produce por un fenómeno conocido como la Sombra de sotavento de la Sierra Nevada de Santa Marta”¹⁰.

Hacia ciertas zonas de la ciudad, en especial el sector este, estos vientos se tornan especialmente secos, luego que remontan la Sierra Nevada de Santa Marta, producen el efecto de sombra de lluvia o de sotavento. Fenómeno que técnicamente se conoce con el nombre de efecto **Föhen**¹¹.

Este efecto se presenta cuando una masa de aire cálido y húmedo se ve obstruida por la presencia de un relieve montañoso, obligándola a remontarle. Durante el día, el viento asciende por la ladera de barlovento, enfriándose, por el denominado proceso adiabático, hasta saturarse, condensarse y producir precipitación, estos vientos ascendentes reciben el nombre de vientos anabáticos. Del lado opuesto, es decir a la ladera de sotavento, los vientos descienden (vientos catabáticos) cálidos y secos¹². En el litoral Caribe de Colombia, el efecto Föhén convierte el flanco norte de la sierra nevada de Santa Marta en una zona húmeda cubierta de selvas que llegan hasta el mar.

10. Op. Cit. CIOH-meteorología operacional.

Disponible en: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla2.php>

11. Jet Stream (2008) /Synoptic/Wind htm <<origin of wind>> National Weather Service.

12 . IBÍDEM.

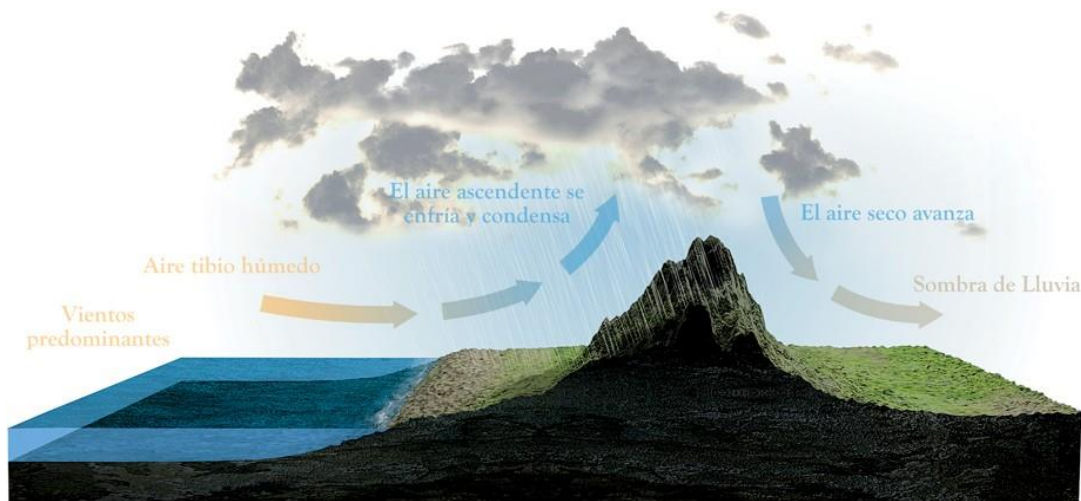


Figura 7. Efecto Fohén, o de sombra de lluvia o sotavento.

Fuente: www.imeditores.com

Como consecuencia de esta sombra de sotavento que se produce por la presencia de la Sierra Nevada de Santa Marta, la zona de la ciudad situada en esa proximidad (sur-oriental) padece más sequía que la zona ubicada hacia el sector sur-occidental y sobre todo nor-occidental que recibe los vientos del litoral sin ninguna obstrucción.

“Por la sombra de sotavento el promedio de lluvias en la parte oriental de la ciudad (Barrios las Nieves, Rebolo, La Luz, Simón Bolívar) es ligeramente menor que en el occidente y suroccidente de la ciudad”¹³.

Los vientos generalmente se presentan cargados de humedad y salitre, en algunas ocasiones, cuando se producen quemas en el parque natural Isla de Salamanca, los vientos arrastran a su vez residuos contaminantes que ocasionan fuertes molestias al interior de la ciudad, en especial en la zona nor-occidental.

También habría que señalar la ubicación de la franja industrial de la vía 40, en sector de Barlovento de la ciudad, lo cual hace que el viento arrastre los residuos tóxicos fruto de las emisiones de las diferentes fábricas allí emplazadas. Situación que con el tiempo tiende a desaparecer por las políticas municipales encaminadas a trasladar las industrias contaminantes a sotavento de la ciudad, hacia el periférico sector de malambo, situado al sur, proceso que se ha iniciado en los últimos años¹⁴.

13 . CIOH-meteorología operacional. Disponible en:

<http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla2.php>

14 . Nuevo Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Especial Industrial y Portuario de Barranquilla 2012–2032 Decreto No. 0212 de 2014.

Disponible: <http://www.barranquilla.gov.co/politica-y-planos-institucionales/plan-ordenamiento-territorial>

De igual forma, la altura de hasta 40 plantas para las futuras edificaciones en la franja de barlovento, como se prescribe en el nuevo Plan de Ordenamiento Territorial¹⁵, produciría una alteración a tener en cuenta en el ingreso de los vientos a la ciudad, pues edificaciones tan altas, generarían turbulencias causantes de variación en las velocidades del viento en superficie, por el efecto de fricción¹⁵, aspecto de gran afectación para las franjas interiores del territorio, sobre todo en los periodos de valores medios 2 a 3 m/s.

1.4. Otros fenómenos inter-estacionales de consideración

Aparte de los vientos alisios del norte, el territorio del litoral caribe se ve intervenido por otros fenómenos de carácter atmosférico, y que suelen suceder con una periodicidad anual, afectando de manera importante el régimen de vientos en la ciudad de Barranquilla. A continuación, se recogen algunos de los más importantes.

1.4.1. Las ondas del este del Caribe

Se presentan entre los meses de mayo y noviembre, es decir en la época de lluvias. (Cabe anotar que en este periodo los vientos alisios del norte disminuyen ostensiblemente su intensidad en el litoral, a causa del posicionamiento de la ZCIT, los cuales adquieren su máxima posición en el hemisferio norte, causando gran nubosidad y dando paso a la época de precipitaciones en la región).

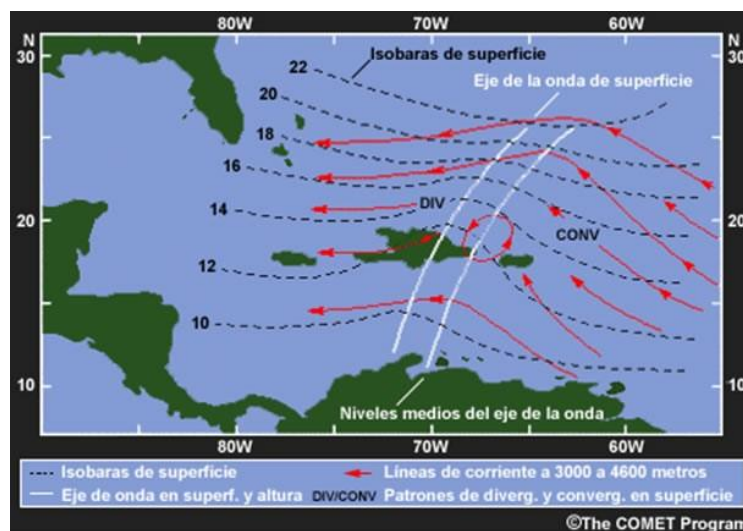


Figura 8. Ondas del este del Caribe.

Fuente: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla>

15 . IBÍDEM.

16. García Chávez José Roberto (2005). Viento y Arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico. Ed. Trillas.

Consisten en disturbios del tipo ondulatorio, de allí su denominación, que circulan en sentido este-oeste sobre el mar Caribe, produciendo alteraciones importantes en el clima. Generalmente una pequeña porción de estos eventos se ve intensificada y en algunas ocasiones ha logrado convertirse en huracán. Sus dimensiones promedian los 7 km de espesor y longitudes que alcanzan los 2.000 km, superando velocidades entre 15-20 km/h en su desplazamiento.

En las imágenes de satélites podemos observarlos como conglomerados nubosos que superan muchas veces los 500 km² aproximadamente tres veces la superficie de la ciudad de Barranquilla.

En el inicio del evento la nubosidad es escasa; ausencia de precipitaciones, caída de la presión atmosférica, a medida que se supera el eje de la onda aumenta la nubosidad y por ende se presentan fuertes precipitaciones, el viento cambia de componente; pasa de nor-este a este, y la temperatura aumenta sensiblemente. En el territorio del litoral caribe las fuertes precipitaciones causadas por este fenómeno han ocasionado inundaciones y otras situaciones de emergencia en algunas de sus poblaciones. Una vez que la onda atraviesa una zona o lugar, las condiciones del tiempo se normalizan^{16, 16}.

1.4.2. Los frentes fríos

Son masas de aire frío, generadoras de tiempo perturbador, que tienen su origen en las latitudes altas y que llegan a descender hasta los 10°N, ejerciendo su influjo hacia el litoral Caribe.

Sucedan cuando una masa de aire frío se aproxima a una de aire caliente, el aire frío se introduce por debajo de la masa de aire caliente creando una cuña entre ésta.

Estos frentes de desplazan rápidamente, son fuertes y generan mal tiempo; chubascos, vientos fuertes, tornados etc. Su duración oscila entre los 5 ó 7 días.

Sobre el mar Caribe los frentes fríos comienzan a circular desde el mes de diciembre, periodo en el que se registran notables descensos en la temperatura, especialmente en las horas nocturnas, siendo una de las épocas del año más frescas en la ciudad. Adicionalmente generan incrementos en la intensidad de los vientos y en la altura del oleaje, fenómeno conocido como *mar de leva*.

16. León, G., J. Zea & J. Eslava. 2001: Ondas del este en Colombia y algunos aspectos relevantes de los ciclones tropicales. Meteorol. Colomb. 3:137-141. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. - Colombia.

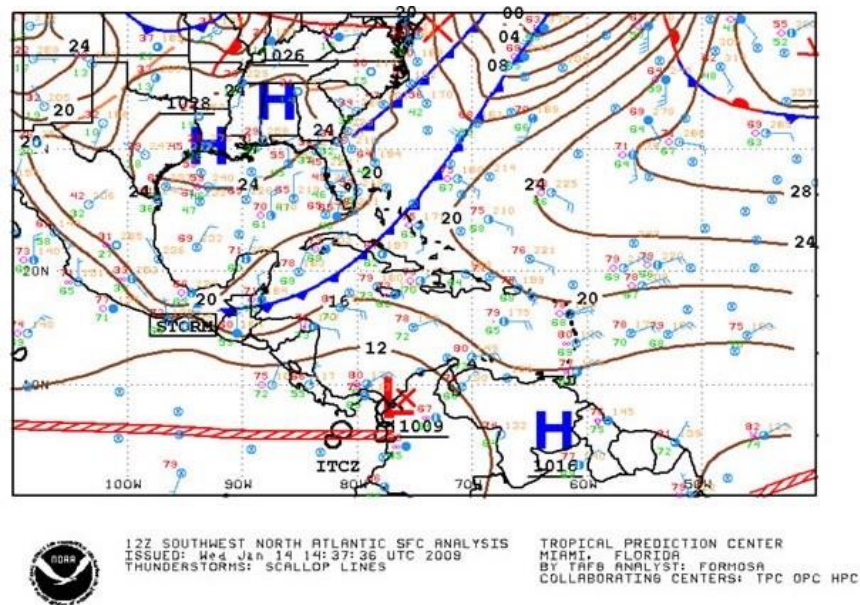


Figura 8. Carta sinóptica de la NOAA.

Fuente: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla>

1.4.3. Los Ciclones Tropicales

En el mar Caribe entre los 05°N y 20°N, se forman ciclones que se desplazan al noroeste cuando aguas de carácter cálido, alcanzan temperaturas de 27°C o más y “la estructura vertical no favorece la producción de cortantes de viento”.

Estos fenómenos suelen presentarse entre los meses de mayo a noviembre. Pueden incidir de manera importante en el estado del tiempo en el litoral caribe de Colombia con precipitaciones o vientos muy fuertes.

“Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la intensidad de sus vientos en:

Depresión Tropical: Tiene vientos máximos sostenidos inferiores a 62 kph;

Tormenta Tropical: Con vientos máximos sostenidos entre 63 y 117 kph, pero circunscritos a la parte más interna y próxima al centro, en esta categoría al ciclón tropical se le asigna un nombre de persona en español, inglés o francés, en sucesión alfabética, alternando los nombres masculinos y femeninos.

Huracán: con vientos máximos sostenidos que exceden los 118kph alrededor de la parte central, llamada ojo del huracán. Los huracanes de acuerdo a su peligrosidad se clasifican según la escala Saffir-Simpson y conservan el nombre que le fue asignado cuando adquirió la categoría de tormenta tropical. Cuando el huracán decae, la tormenta es degradada invirtiendo esa misma clasificación”¹⁷

¹⁷. CIOH-meteorología operacional.

Disponible en: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla2.php>

Respecto a la vulnerabilidad de la costa Caribe colombiana frente a la amenaza de tormentas y huracanes, el Archipiélago de San Andrés es la más expuesta, siguen en su orden, la parte más oriental de la costa Caribe (La Guajira), después la parte central (Santa Marta, Barranquilla y Cartagena) y la menos expuesta la zona del Urabá (Ortiz, 2012).



Figura 10. Huracán Vilma formándose frente a la isla de Cuba, octubre de 2005.

Fuente: <http://www.cubadebate.cu/wp-content/uploads/2014/01/rubiera-huracan-wilma.jpg>

1.5. Caracterización climática de los vientos en la ciudad de Barranquilla

El clima de Barranquilla se encuentra condicionado fundamentalmente por su ubicación latitudinal; posición muy cercana a la franja del ecuador; latitud baja: 10°59' 16"N y 74°47' 20"O. Dentro de la Zona de confluencia intertropical ZCIT, y proximidad al mar Caribe. Lo anterior representa un conjunto de diversas condiciones de carácter interdependiente, que se conjugan en su territorio y por ende caracterizan su climatología, estas son;

Incidencia perpendicular de los rayos solares: altas temperaturas durante todo el año, fuerte influjo de los vientos alisios del norte: moderación durante ciertas épocas de dicha temperatura. Periodo de calmas de viento derivado del desplazamiento latitudinal (al norte) de la zona ZCIT, que también determina la época de mayores precipitaciones.

Como resultado de esta combinación tenemos que el clima de Barranquilla es del tipo **tropical seco**, o **xeromegatermo tropical**. Conforme a la clasificación climática de Köppen, le corresponde un clima *Aw* o *tropical de sabana*¹⁸.

A diferencia de lo que sucede en los climas tropicales y tropicales húmedos, en Barranquilla y áreas aledañas, no se producen abundantes selvas, si no que a causa de todo lo anterior,

18. BLANCO, José A. (02 de 1997). «Geografía Física de Barranquilla». En Rodolfo Zambrano. Historia General de Barranquilla (Primera edición). Mejoras. pp. 13–22. ISBN 958-96185-0-2

se produce la vegetación propia de la sequedad y que crece bajo condiciones de altas temperaturas.

El clima en Barranquilla tiene dos periodos; uno seco que discurre de diciembre a marzo; caracterizado por la influencia de los alisios del norte que soplan con una intensidad muy alta, capaz incluso de producir daños en las edificaciones. Y otro húmedo que comprende de mayo a diciembre, el cual se caracteriza por la alta humedad y las copiosas precipitaciones, que originan un ambiente caluroso con características malsanas más bien propias del clima de selva tropical.

Este periodo se ve interrumpido por una corta transición denominada, veranillo de San Juan, llamada así por el día 24 de junio; días después del solsticio de verano, variación que se produce debido al gradiente de presión entre la alta de las bermudas y la ZCIT.

Hacia finales del mes de junio, desciende la alta presión de las bermudas, debido al gradiente de presión que se presenta entre esta y la ZCIT, el viento se intensifica. A este fenómeno se le conoce en gran parte del caribe como veranillo de San Juan. Cuyas características son el aumento de temperatura (promedio: 28°C) y humedad relativa, acompañados de cielo despejado y aumento del brillo solar. Este breve periodo de transición dura poco menos de un mes.

1.5.1 Velocidad e intensidad

A nivel global si analizamos las velocidades promedio anuales mundiales del viento en superficie, podemos observar que los valores para la zona de la cuenca del caribe son de 6.0 a 7.0 m/s. velocidades altas en comparación con los valores obtenidos para las otras regiones del planeta. Esto pone en evidencia la importancia que representa el fenómeno de los vientos para esta región.

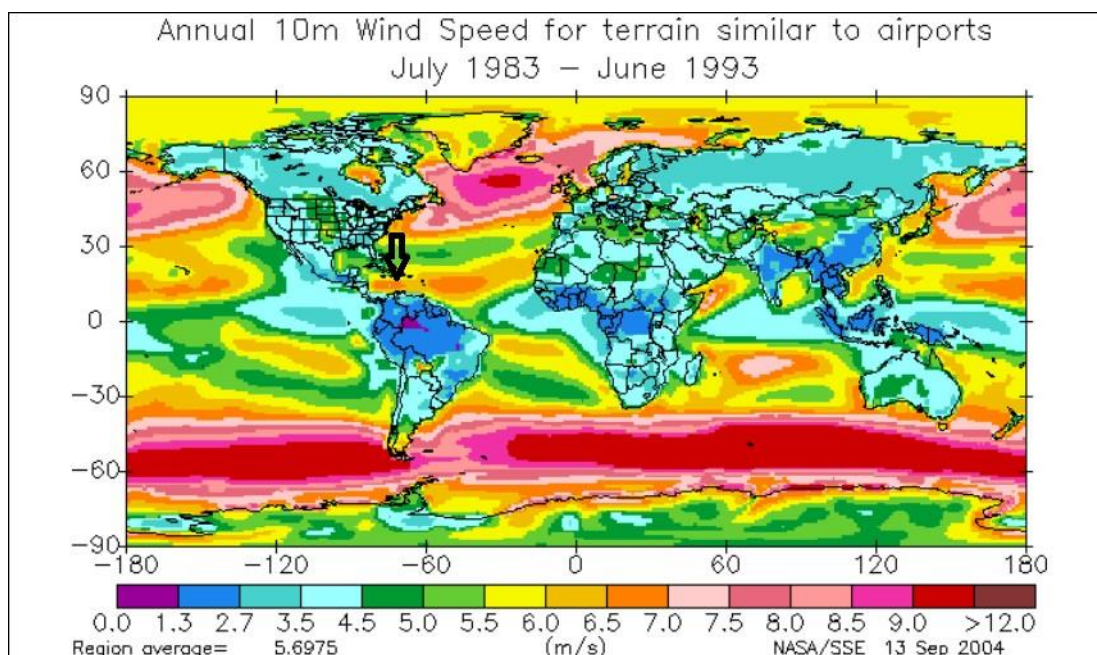


Figura 10. Promedio anual mundial de la velocidad del viento en superficie (10 m).

Fuente: commons.wikimedia.org

“En Colombia La velocidad del viento es un parámetro muy variable, tanto en el tiempo como en el espacio. Las velocidades son muy cambiantes durante el transcurso del día y el patrón de comportamiento diario va cambiando durante el año. A pesar de esta gran variabilidad, los promedios anuales multianuales atenúan la influencia de los altos valores. La velocidad media multianual varía, en términos generales, siendo mayor en las zonas costeras del norte del país, que alcanzan a recibir plenamente la influencia de los vientos Alisios del noreste durante el invierno del hemisferio norte, cuando la ZCIT alcanza su posición más al sur. El occidente del país tiende a presentar los menores valores, tal como su posición relativa a la circulación general de la atmósfera en la zona tropical permite suponer”¹⁹.

19. Análisis descriptivo de variables meteorológicas que influyen en la calidad del aire de los principales centros industriales del país. IDEAM–METEO/007-2010. NOTA TÉCNICA. Henry Oswaldo Benavides Ballesteros, Leonardo Ayala Poveda.

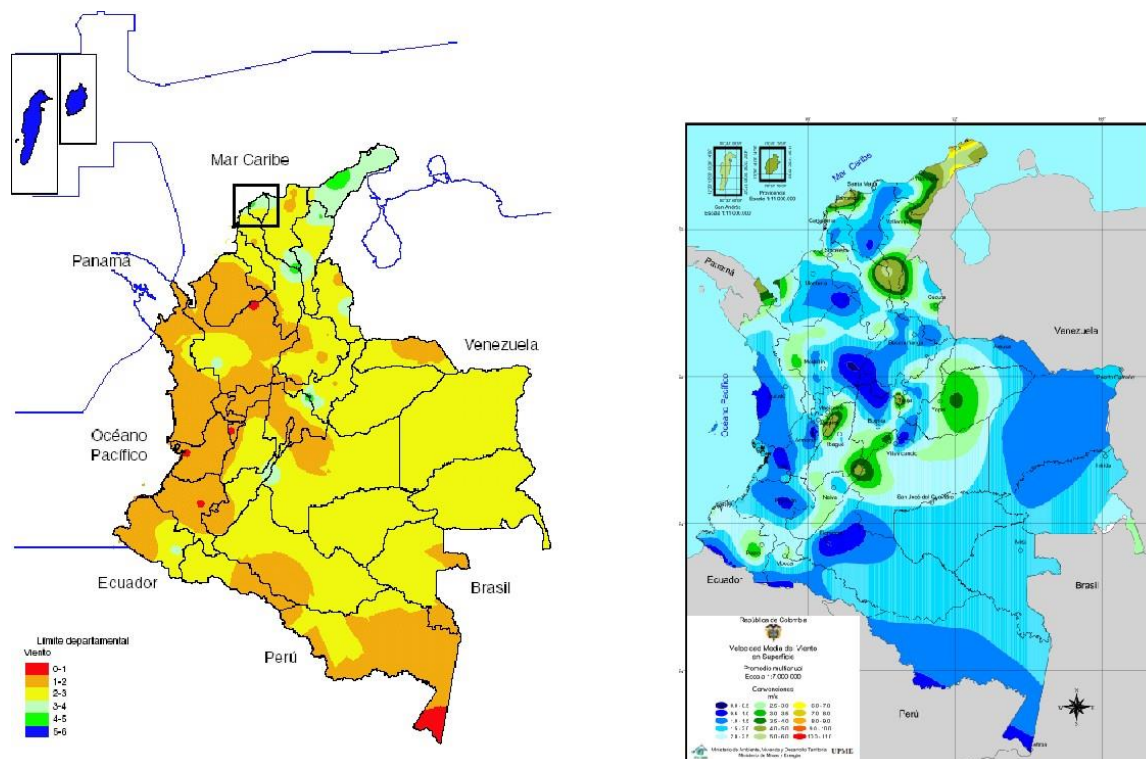


Figura 11. Comparativa. Velocidades medias del viento en Colombia (m/s)-promedio multianual de la velocidad media del viento en superficie en Colombia.

Fuente: El medio ambiente en Colombia. IDEAM 2010. Atlas del viento y energía eólica de Colombia. IDEAM-UPME. Elaboración propia, 2006.

Observando la comparativa entre las dos figuras arriba señaladas podemos afirmar que, algunos sectores del litoral caribe (norte del dpto. del Atlántico, nor-oeste del magdalena, La Guajira y norte, centro del cesar) se encuentran dentro de las zonas del país, que presentan los más altos valores de velocidad del viento en superficie.

En la ciudad de Barranquilla (norte del dpto. del Atlántico), durante todo el año los regímenes de velocidad media del viento están determinados por las oscilaciones del sistema de alta presión de las Azores y las fluctuaciones de la ZCIT, las cuales de diciembre a marzo (Época Seca) presentan posiciones propicias para que se presente flujo constante de viento en la ciudad de Barranquilla, ocasionando las mayores velocidades del año.

Las cuales según los registros multianuales del IDEAM oscilan entre 4.5 y 6.1 m/s, así mismo de abril a junio (primera época Húmeda) se presentan velocidades medias entre 2.7 y 4.8 m/s.

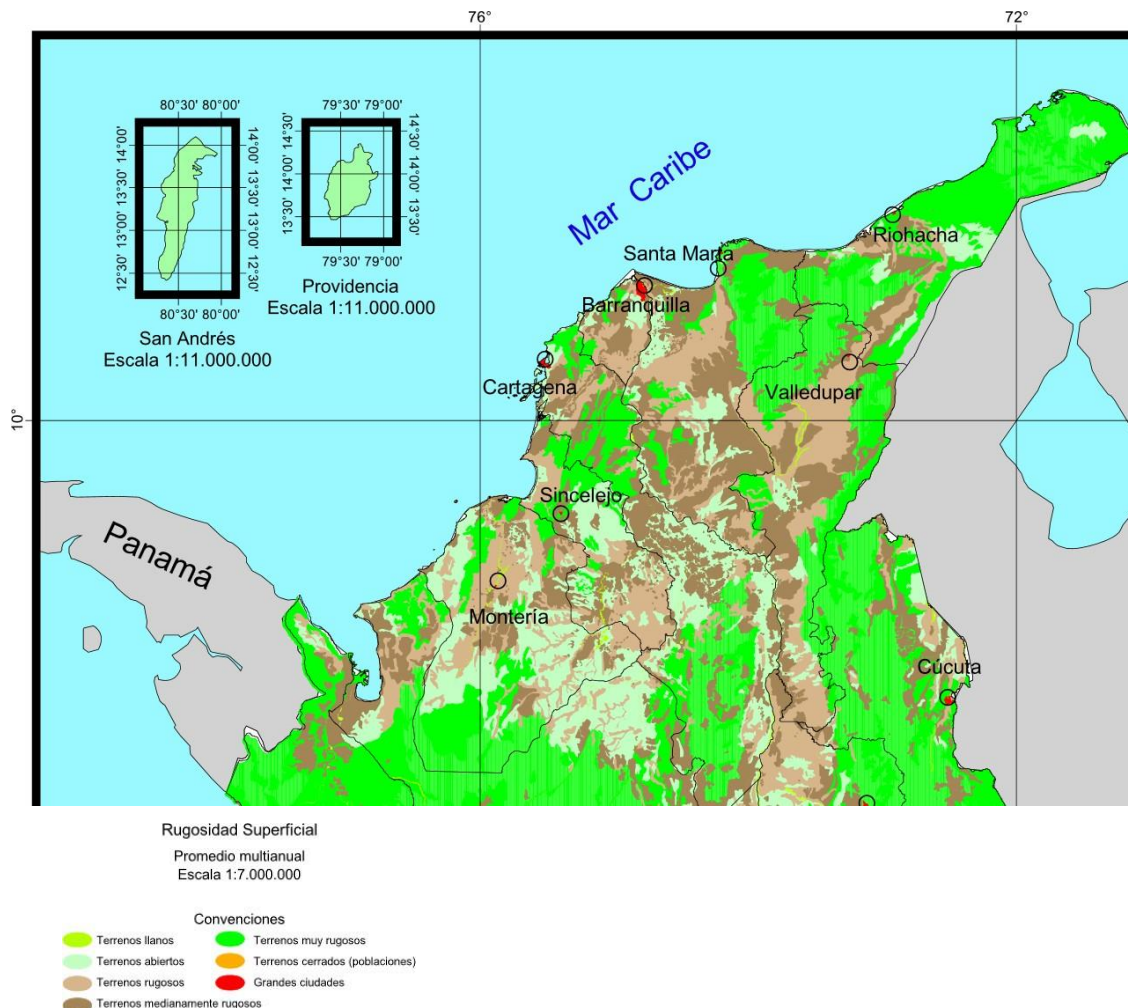


Figura 12. Mapa de la Rugosidad en superficie para el viento, en el Litoral Caribe de Colombia.
Fuente: Atlas del viento y energía eólica de Colombia. IDEAM-UPME. 2006.

De igual manera, durante la época de transición de junio a julio se ostentan velocidades medias entre 2.7 y 3.2. m/s. Durante la segunda época húmeda del año (agosto a noviembre) se presentan las velocidades medias menores, las cuales oscilan entre 2.2 y 3.1 m/seg. El promedio anual presenta un valor de 3.9 m/seg. En cuanto a los horarios tenemos que las mayores velocidades se presentan en las franjas de tarde y noche. Siendo más fuertes en la primera; de 10 a 16 hrs.

El horario para las máximas velocidades durante los meses de diciembre a abril, según la estación de soledad, se sitúa en la franja de 13-14 hrs. hasta 21-22 hrs; 5-6 m/s. En la estación de Las Flores situada en barlovento, se registran valores más altos y uniformes; durante los meses diciembre a abril los valores promedio se sitúan próximos a los 7 m/s. en las diferentes franjas horarias. Siendo determinante en estas mediciones el aspecto de la rugosidad, por cuanto la estación de Soledad se encuentra ubicada dentro de la ciudad.

En cuanto a la rugosidad en superficie, en términos generales tenemos que la velocidad del viento al ingresar a la ciudad no sufre una reducción drástica por cuanto lo hacen

atravesando el parque natural isla de Salamanca, una franja vegetal constituida fundamentalmente por bosques de manglares. El valor considerado para el coeficiente de fricción superficial corresponde al de las áreas rurales y mar: 0.16 y la altura para su capa límite corresponde a los 300 m. Es decir, la altura a la que el viento alcanza el 100% de su velocidad; a los 50 m, Su velocidad es del 65%. Ya en la ciudad este coeficiente pasa a ser de 0.40 y su capa límite de 600 m; a 50 m de altura la velocidad es del 40%²⁰.

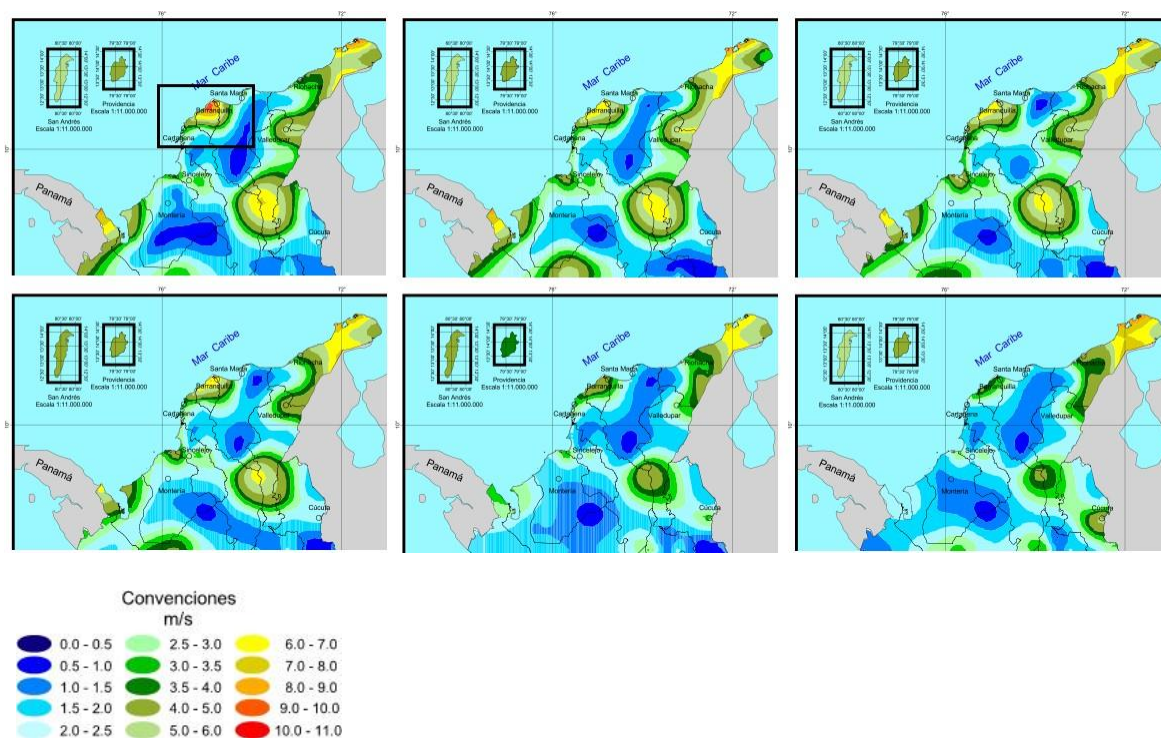


Figura 13. Comparativa. Promedio mensual del primer semestre (enero a junio) de la velocidad media del viento en superficie en Litoral Caribe de Colombia.

Fuente: Atlas del viento y energía eólica de Colombia. IDEAM-UPME. 2006. Elaboración propia.

20. García Chávez José Roberto, Viento y Arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico. Ed. Trillas. 2005.

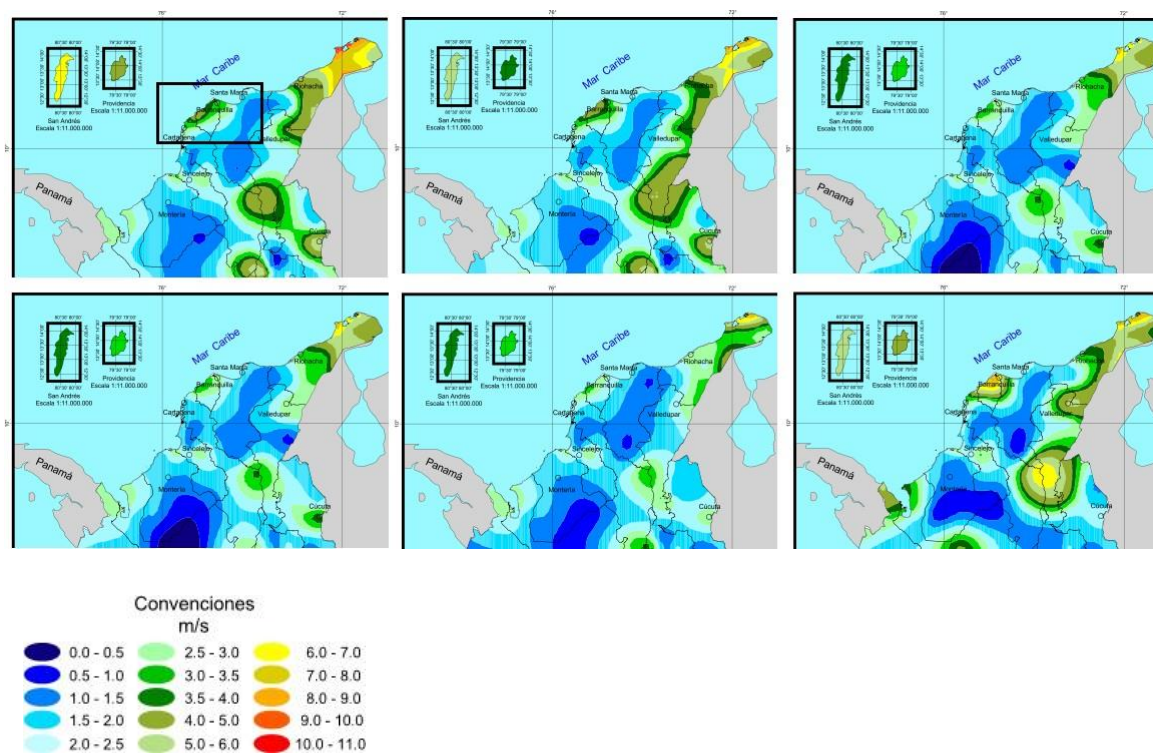


Figura 14. Comparativa. Promedio mensual del segundo semestre (enero a junio) de la velocidad media del viento en superficie en Litoral Caribe de Colombia.

Fuente: Atlas del viento y energía eólica de Colombia. IDEAM-UPME. 2006. Elaboración propia.

Según la DIMAR, estos valores se presentan sensiblemente menores como podemos observar en la siguiente tabla:

Velocidad del viento Barranquilla												
Velocidad media del viento (m/seg)												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Velocidad promedio	5.6	5.9	6.1	4.8	3.3	2.7	3.2	3.1	2.6	2.2	2.9	4.5
Promedio Anual	3.9											

Figura 15. Velocidad del viento en Barranquilla.

Fuente: www.dimar.mil.co

En todo caso puede comprobarse que, durante los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril, se registran las mayores velocidades del periodo anual, así mismo las temperaturas más bajas asociadas a este fenómeno. Siendo los meses de septiembre, octubre y noviembre, donde se obtienen los menores valores. Por cuanto podríamos concluir que, son cinco los meses del año en los que puede aprovecharse la fuerza dinámica del viento para el acondicionamiento pasivo del interior de los edificios.

1.5.2. Dirección del viento

En el litoral caribe las direcciones predominantes son noreste y norte, a excepción de las ciudades de montería y Sincelejo donde otras componentes resultan de importancia. (S, SO, O y NO). En términos generales en Barranquilla predominan los flujos con direcciones noreste y norte.

Según la DIMAR, dirección general marítima, las componentes en la ciudad se encuentran distribuidas de la siguiente manera; (promediando los datos obtenidos en las diferentes estaciones Repelón, las flores y soledad-Ernesto Cortissoz) Noreste 42.7% y Norte 25%, también se presentan frecuencias relativas al Este 5.8%, Sureste 6.1% y Sur con 6.1%.

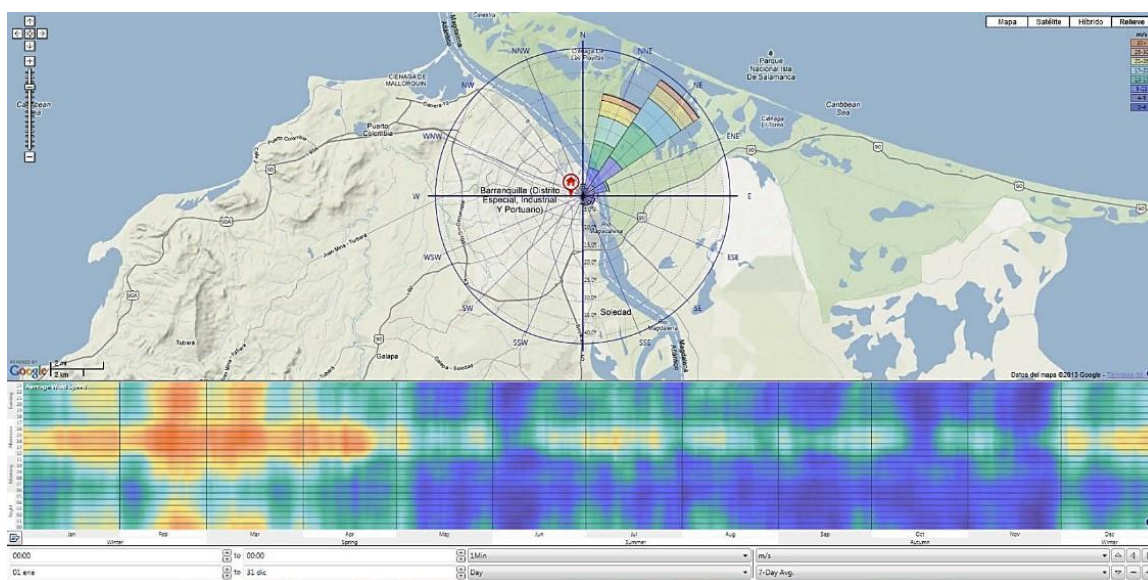


Figura 15. Rosa de los vientos en Barranquilla y banda grafica de intensidad mensual.
Fuente: Elaboración propia. Software: Ecotec Análisis 2011.

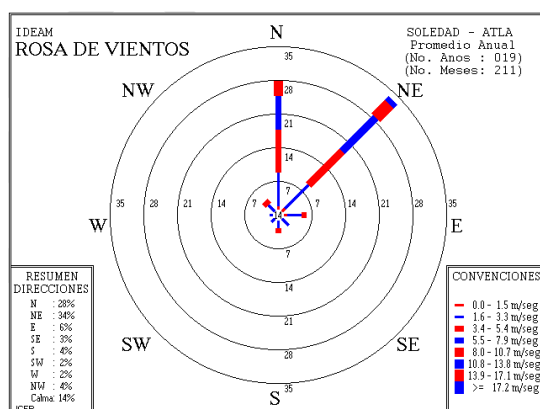


Figura 16. Rosa de los vientos de Barranquilla, Estación Aeropuerto E. Cortissoz.
Fuente: www.cioh.org.co/

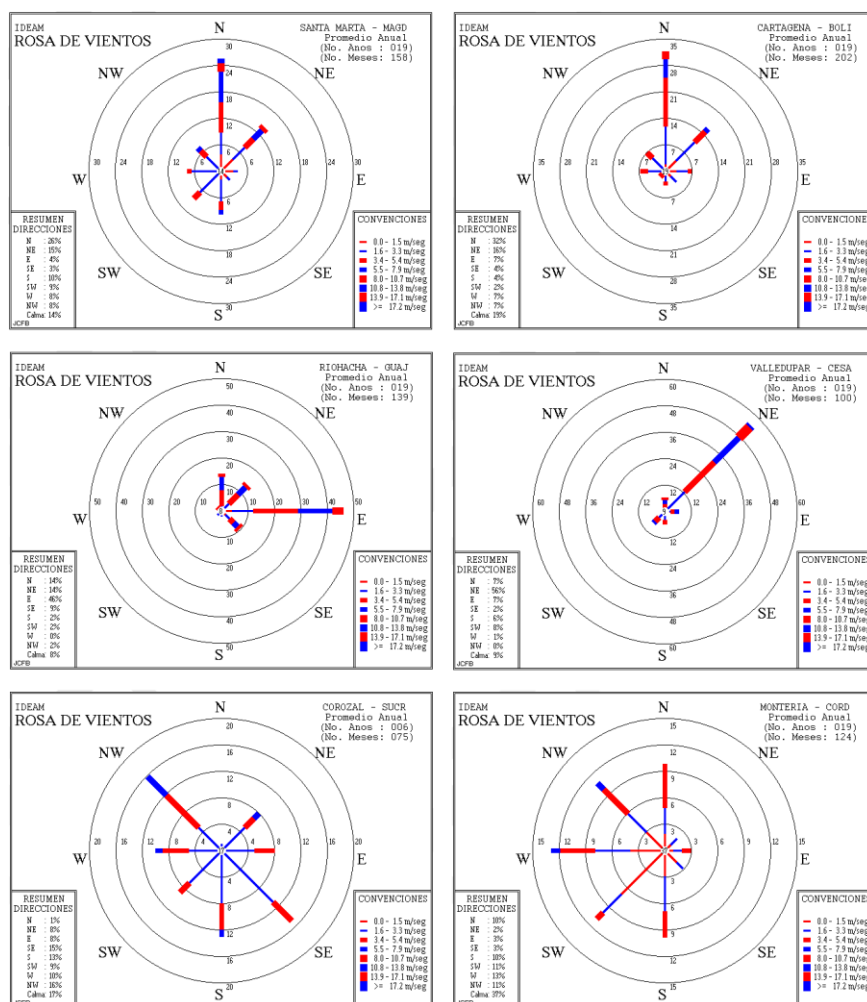


Figura 17. Comparativa Rosa de los vientos en otras ciudades del Litoral Caribe.

Fuente: www.cioh.org.co/

Dirección del viento Barranquilla		Promedios de la dirección y velocidad del viento en las estaciones del IDEAM para Barranquilla y alrededores.			
Dirección del viento (%)		Estación	Periodo analizado	Promedio de velocidad (m/s)	Promedio de dirección (Grados)
Dirección	%				Persistencia (%)
NE	42.7	Apto. Ernesto Cortissoz / Soledad (Conv.)	1978 - 2009	2,68	25,4
N	25	Las Flores (Auto.)	2006 - 2009	4,65	56,7
E	5.8	Las Flores (Conv.)	1983 - 2003	4,61	44,1
SE	6.1	Repelón (Conv.)	1974 - 2003	0,77	29,9
S	6.1				30,8

Figura 18. Dirección del viento en Barranquilla (izq). Promedio de Dirección y velocidad del viento en Barranquilla (dcha).

Fuente: www.dimar.mil.co y IDEAM-meteo/007-2010. Nota técnica.

Así las cosas, observamos que se presenta favorable, el hecho de que sus componentes principales coinciden con las orientaciones óptimas frente al fenómeno de la radiación solar, que también resulta determinante en el acondicionamiento pasivo de las edificaciones del litoral Caribe.

A orientación este, se tiene radiación en las primeras horas de la mañana. A norte se tiene durante unas horas a media mañana, en los primeros meses del segundo trimestre; cuando el sol hace su recorrido inclinado a norte.

Caso contrario sucede con las localizaciones donde las componentes principales son a, oeste, noroeste, sur y suroeste, las cuales entran en contradicción con una óptima orientación frente al fenómeno de la radiación solar. Véase el caso de las ciudades de Montería y Sincelejo. Figura 3.19.

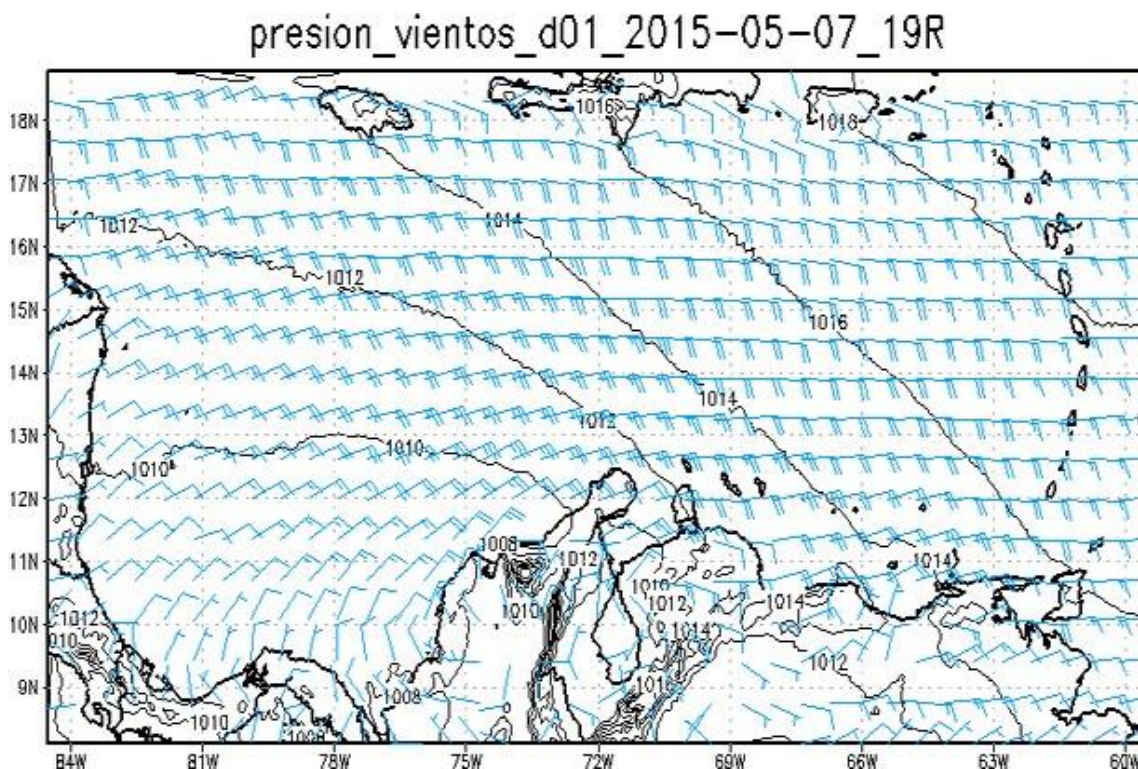


Figura 19. Mapa del pronóstico de la velocidad y dirección del viento para el día 07-05-15.

Fuente: www.cioh.org.co/

**Promedio horario de la dirección y velocidad del viento en el Aeropuerto
Ernesto Cortissoz**

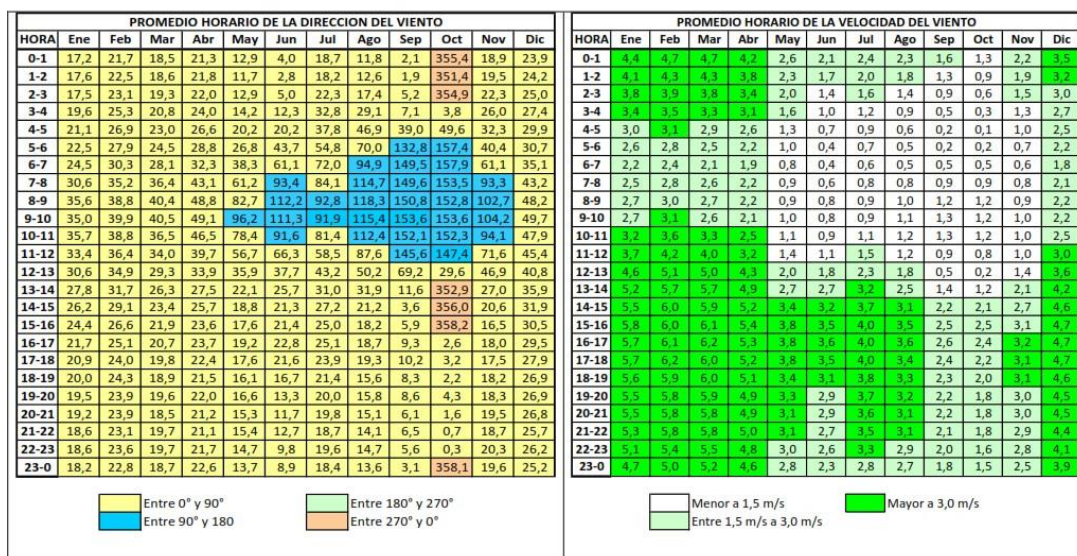
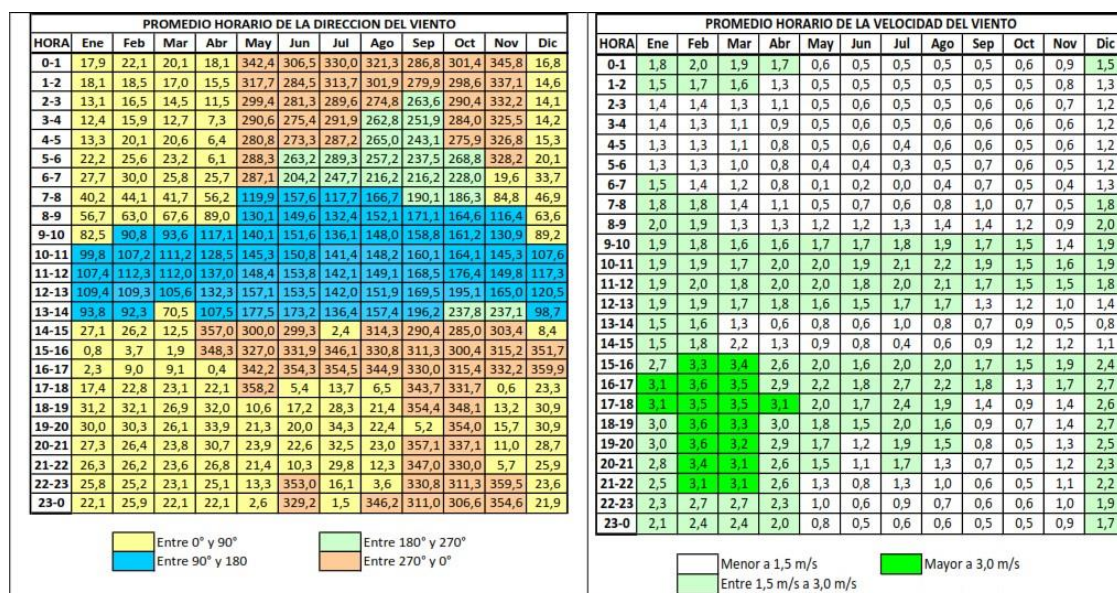


Figura 20. Promedio horario de Dirección y velocidad del viento estación aeropuerto-soledad.

Fuente: www.cioh.org.co/



**Promedio horario de la dirección y velocidad del viento en Las Flores
(Convencional)**

PROMEDIO HORARIO DE LA DIRECCION DEL VIENTO

HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	47,0	37,1	42,0	40,1	40,0	50,6	44,7	39,6	37,5	42,5	41,4	52,7
1-2	49,5	39,2	44,0	41,8	41,0	52,5	48,7	46,3	43,2	46,6	45,8	54,8
2-3	51,6	41,2	46,7	42,5	43,1	54,7	52,7	51,6	50,1	53,6	51,1	56,7
3-4	53,2	43,2	47,6	44,2	49,2	58,5	54,7	58,3	62,9	61,6	56,5	58,9
4-5	55,6	43,0	47,4	49,2	53,3	63,6	58,6	62,1	69,5	70,6	64,0	60,1
5-6	55,6	43,8	47,6	50,7	56,9	65,9	59,3	67,7	78,3	79,5	65,7	60,7
6-7	58,6	45,8	49,0	53,0	59,5	70,3	61,5	68,5	87,4	87,1	70,8	60,6
7-8	56,9	46,7	56,0	54,5	63,8	71,2	61,9	73,2	91,3	90,1	73,5	67,4
8-9	60,3	52,5	53,8	54,7	62,2	67,9	59,8	70,5	85,9	91,8	76,4	67,5
9-10	58,8	50,6	52,6	52,3	59,1	62,8	56,1	63,8	78,8	84,1	69,1	65,1
10-11	54,4	48,2	48,3	47,6	50,3	58,0	48,5	56,0	62,7	70,6	63,3	62,6
11-12	53,9	44,7	44,9	43,7	43,8	51,8	42,2	42,6	43,1	55,8	50,7	57,6
12-13	50,8	40,8	42,6	40,1	36,8	47,5	39,7	35,8	27,8	33,7	40,4	55,2
13-14	48,6	34,8	38,6	35,0	31,4	44,6	36,8	29,3	18,9	22,2	34,9	52,4
14-15	44,3	32,1	35,3	30,3	29,1	42,0	34,2	28,4	15,6	20,6	33,6	51,9
15-16	43,0	30,6	33,5	28,7	28,6	40,5	33,3	26,8	14,8	23,3	31,7	49,9
16-17	41,0	28,3	32,5	28,4	28,3	42,1	33,3	28,5	18,6	24,4	30,7	49,0
17-18	40,5	26,2	32,5	29,9	30,3	44,3	33,5	30,0	22,5	29,8	31,8	49,2
18-19	40,6	26,3	33,7	31,6	31,5	44,4	33,6	29,8	24,5	31,7	33,4	49,0
19-20	40,5	26,5	35,2	31,4	32,3	44,2	33,4	31,4	25,2	33,5	33,3	48,6
20-21	41,3	27,8	36,1	34,6	33,3	46,5	34,4	31,1	27,6	33,2	34,1	47,9
21-22	41,1	28,5	37,3	35,9	34,4	46,8	36,6	33,1	27,4	32,5	34,6	49,4
22-23	42,0	31,6	38,7	38,2	36,2	47,8	38,3	36,1	30,5	32,4	37,0	49,7
23-0	43,8	33,3	40,6	38,7	37,5	49,8	41,3	37,0	33,6	38,4	38,3	50,6

PROMEDIO HORARIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO

HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	7,4	7,5	7,3	6,6	4,2	3,7	5,0	4,2	2,6	2,6	3,8	6,7
1-2	7,3	7,3	7,0	6,4	3,9	3,5	4,8	3,9	2,4	2,4	3,5	6,6
2-3	7,0	7,1	6,8	6,2	3,8	3,4	4,5	3,6	2,2	2,2	3,3	6,4
3-4	6,7	6,7	6,4	5,9	3,7	3,2	4,2	3,3	1,9	2,0	3,1	6,2
4-5	6,5	6,4	6,0	5,6	3,4	3,0	3,8	3,0	1,8	1,9	2,8	5,8
5-6	6,2	6,1	5,6	5,2	3,2	2,8	3,4	2,8	1,6	1,8	2,6	5,7
6-7	5,4	5,3	4,9	4,4	2,8	2,5	2,9	2,5	1,6	1,7	2,3	5,0
7-8	4,9	4,8	4,3	4,2	2,8	2,4	2,9	2,1	1,7	1,7	2,0	4,6
8-9	5,6	5,7	5,3	5,0	3,2	2,8	3,3	2,8	2,0	1,9	2,4	5,3
9-10	6,0	6,1	5,8	5,5	3,5	3,1	3,6	3,1	2,1	1,9	2,5	5,7
10-11	6,4	6,7	6,3	5,8	3,6	3,4	3,9	3,2	2,1	1,9	2,5	5,8
11-12	6,8	7,1	7,0	6,6	4,2	3,9	4,5	3,7	2,2	2,0	2,9	6,1
12-13	6,9	7,3	7,3	6,9	4,6	4,2	5,1	4,3	2,6	2,3	3,3	6,3
13-14	7,0	7,3	7,3	7,0	4,8	4,7	5,3	4,4	3,0	2,6	3,6	6,3
14-15	7,0	7,2	7,2	6,9	4,8	4,7	5,5	4,5	2,9	2,6	3,8	6,2
15-16	7,0	7,2	7,2	6,8	4,8	4,7	5,6	4,6	2,9	2,7	3,9	6,1
16-17	6,9	7,1	7,0	6,7	4,7	4,6	5,4	4,4	2,8	2,6	3,8	6,1
17-18	6,7	7,0	6,9	6,4	4,6	4,4	5,2	4,2	2,7	2,4	3,7	6,2
18-19	6,9	7,2	6,9	6,3	4,3	4,0	5,0	4,0	2,6	2,4	3,7	6,4
19-20	7,1	7,3	7,1	6,3	4,2	4,0	5,0	4,0	2,5	2,4	3,6	6,5
20-21	7,3	7,6	7,4	6,6	4,3	4,1	5,1	4,3	2,6	2,6	3,9	6,7
21-22	7,3	7,7	7,5	6,8	4,4	4,2	5,4	4,5	2,7	2,6	4,1	6,8
22-23	7,4	7,5	7,6	6,9	4,5	4,2	5,5	4,6	2,8	2,7	4,2	6,8
23-0	7,4	7,5	7,4	6,7	4,4	3,9	5,3	4,4	2,6	2,7	4,0	6,8

Entre 0° y 90°

Entre 90° y 180

Entre 180° y 270°

Entre 270° y 0°

Menor a 1,5 m/s

Entre 1,5 m/s a 3,0 m/s

Mayor a 3,0 m/s

Figura 22. Promedio horario de Dirección y velocidad del viento estación Las Flores.
Fuente: IDEAM-meteo/007-2010. Nota técnica.

PROMEDIO HORARIO DE LA DIRECCION DEL VIENTO

HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	57,8	59,1	57,3	55,9	55,1	60,2	65,5	60,3	57,1	61,4	60,9	60,8
1-2	59,8	61,0	58,7	58,6	57,1	65,1	69,2	67,9	66,0	69,1	71,9	63,2
2-3	61,6	62,3	61,5	62,9	62,3	70,9	75,5	76,0	82,1	79,8	81,2	64,6
3-4	62,8	64,8	63,2	65,8	68,9	74,3	78,4	85,3	100,2	91,8	87,4	66,9
4-5	63,2	65,2	64,0	67,6	78,1	78,6	81,9	94,8	111,8	95,7	93,3	67,1
5-6	64,4	65,4	64,1	68,2	83,3	82,6	85,5	103,0	120,5	107,9	105,0	68,1
6-7	64,9	66,6	65,0	71,0	83,7	89,5	85,2	106,7	123,9	111,5	106,3	70,1
7-8	65,2	66,9	65,9	69,0	85,1	86,3	85,6	105,8	121,2	108,3	102,0	70,0
8-9	64,0	64,2	64,7	66,6	77,1	81,9	77,1	102,3	117,1	112,3	96,3	69,5
9-10	62,5	62,7	61,7	61,0	71,5	74,1	70,0	86,4	101,7	102,0	85,3	65,8
10-11	59,5	59,7	58,2	56,0	58,9	57,5	62,0	67,8	67,9	58,0	70,6	62,0
11-12	55,8	55,6	54,2	52,1	48,0	54,7	56,7	53,4	49,3	41,2	54,2	58,7
12-13	51,9	52,1	50,1	49,2	40,3	49,5	50,8	41,1	34,4	15,8	46,9	56,1
13-14	48,2	48,5	45,7	44,9	38,0	48,4	47,0	38,8	30,6	15,1	42,9	54,3
14-15	45,7	46,4	44,1	44,0	36,1	46,5	44,9	35,6	36,2	14,7	38,5	50,8
15-16	44,6	45,1	43,3	43,4	39,2	47,1	46,3	37,0	36,6	14,5	39,8	51,1
16-17	44,8	44,7	43,8	43,8	44,4	46,7	47,7	41,3	45,1	28,2	42,5	50,4
17-18	45,4	45,5	43,3	44,5	43,6	47,4	46,8	44,5	44,7	41,1	43,8	50,8
18-19	46,3	46,0	44,0	44,9	44,8	47,5	47,7	44,2	42,5	47,8	45,9	50,4
19-20	46,6	46,4	45,0	46,9	45,2	48,8	50,5	46,1	43,1	49,3	47,2	51,0
20-21	48,1	47,6	46,9	45,5	48,1	49,6	51,6	49,1	42,7	48,9	48,8	53,1
21-22	49,2	49,1	47,7	48,0	48,4	51,8	54,4	49,5	40,7	50,2	48,4	53,5
22-23	52,2	53,3	49,7	48,8	45,5	53,6	57,5	53,1	45,1	52,5	51,1	53,9
23-0	55,7	56,0	53,7	52,1	48,0	56,5	62,1	54,6	47,4	55,4	57,2	57,4

PROMEDIO HORARIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO

HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	8,3	8,4	8,5	6,1	3,0	3,9	4,6	3,4	1,9	1,7	3,0	7,2
1-2	8,1	8,0	8,3	5,7	2,7	3,7	4,3	3,1	1,7	1,7	2,7	7,1
2-3	7,7	7,4	8,0	5,4	2,6	3,5	4,0	2,7	1,2	1,7	2,7	7,0
3-4	7,2	7,0	7,5	5,0	2,6	3,4	3,9	2,4	1,3	1,7	2,5	6,6
4-5	6,9	6,9	7,2	4,8	2,2	3,0	3,6	2,3	1,5	1,7	2,5	6,2
5-6	6,8	6,6	7,0	4,6	2,1	3,1	3,4	2,2	1,6	1,8	2,3	5,9
6-7	6,8	6,4	6,9	4,6	2,4	3,0	3,6	2,4	1,9	1,7	2,5	5,6
7-8	7,0	6,6	7,1	4,9	2,5	3,3	3,7	2,6	2,0	2,0	2,5	5,7
8-9	7,3	6,9	7,2	5,2	2,8	3,5	3,8	2,6	1,9	1,7	2,6	5,9
9-10	7,6	7,2	7,5	5,5	2,8	3,4	3,9	2,5	1,5	1,2	2,5	6,2
10-11	7,7	7,9	8,0	6,0	3,1	3,6	4,4	2,6	1,5	1,3	2,5	6,5
11-12	8,0	8,3	8,3	6,3	3,5	4,1	4,7	3,0	1,8	1,6	2,7	6,7
12-13	8,1	8,4	8,3	6,6	3,7	4,5	5,1	3,2	2,2	1,7	2,9	6,8
13-14	8,0	8,5	8,5	6,8	4,2	4,5	5,4	3,6	2,3	1,7	3,1	7,0
14-15	8,0	8,5	8,5	6,6	4,3	4,5	5,5	3,3	2,3	1,8	3,0	7,1
15-16	7,9	8,4	8,5	6,6	4,4	4,6	5,5	3,1	2,2	1,8	2,9	6,9
16-17	7,9	8,1	8,4	6,5	3,9	4,5	5,3	3,2	1,9	1,7	2,9	6,7
17-18	8,1	8,1	8,0	6,3	3,6	4,2	5,1	2,9	1,7	1,7	2,8	6,8
18-19	8,5	8,3	8,2	6,4	3,5	4,1	5,0	3,1	1,8	1,8	3,2	7,1
19-20	8,6	8,6	8,3	6,5	3,1	4,1	5,2	3,4	2,0	1,8	3,7	7,5
20-21	8,7	8,7	8,5	6,7	3,1	4,0	5,2	3,4	2,1	2,0	3,6	7,7
21-22	8,7	8,7	8,6	6,7	3,3	4,0	5,3	3,4	2,2	2,2	3,6	7,8
22-23	8,6	8,5	8,6	6,5	3,2	3,9	5,3	3,4	2,2	2,2	3,6	7,6
23-0	8,4	8,6	8,5	6,3	3,4	3,9	5,0	3,5	1,9	2,0	3,1	7,4

Entre 0° y 90°

Entre 90° y 180

Entre 180° y 270°

Entre 270° y 0°

Menor a 1,5 m/s

Entre 1,5 m/s a 3,0 m/s

Mayor a 3,0 m/s

1.5.3. Humedad relativa

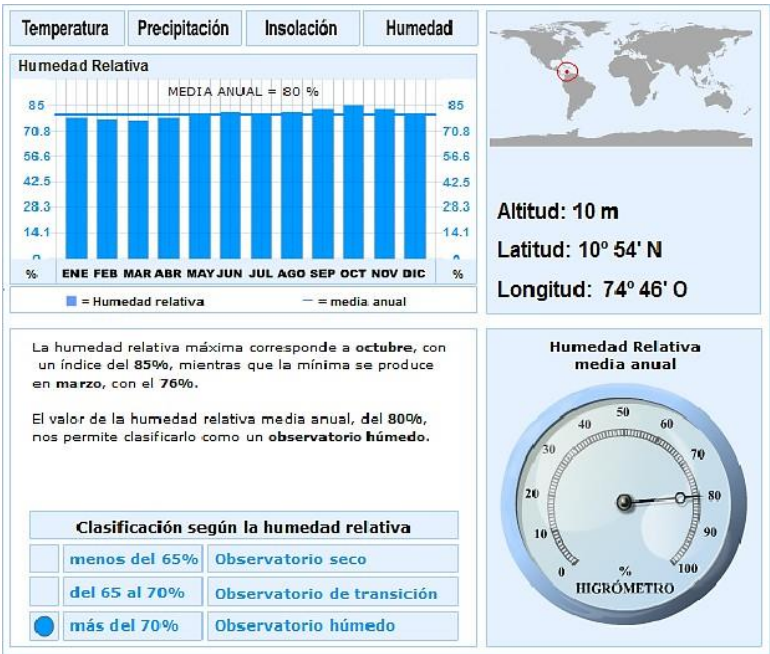


Figura 23. Gráfico explicativo humedad relativa Barranquilla.
Fuente: www.educplus.org/clima.

1.5.4. Temperatura del aire

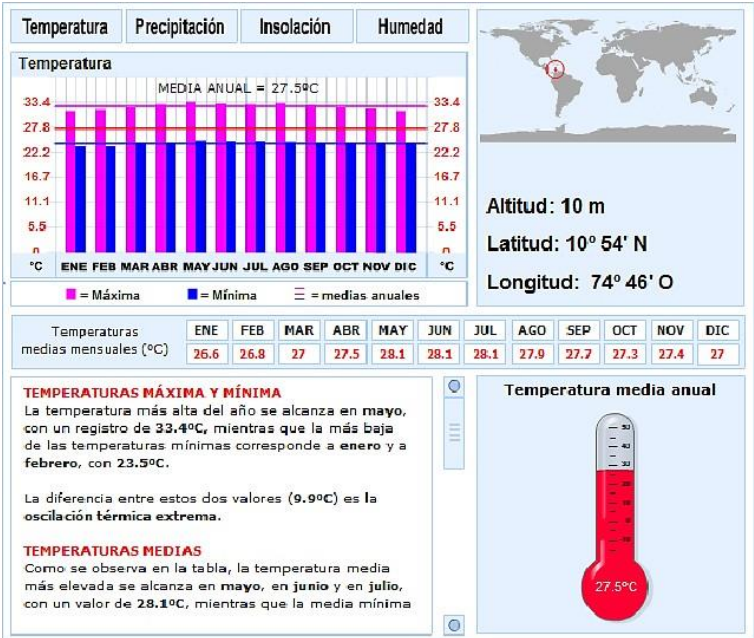


Figura 23. Gráfico explicativo temperatura del aire Barranquilla.
Fuente: www.educplus.org/clima

1.5.5. Productos en suspensión

Según el IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, en la composición del aire de la ciudad de Barranquilla podemos encontrar concentraciones mensuales de material particulado de menor tamaño, superiores a 160 microgramos/m³ cuando el máximo de los estándares internacionales permite 70.

Según esa fuente, las causas de lo anterior se deben a la baja calidad de los combustibles fósiles que utilizan los automotores en la ciudad; gasolina y diésel. Los cuales presentan concentraciones de 5000 ppm (partes de azufre por millón) y 4500 ppm respectivamente, cuando hay países cuyos índices no superan las 50 ppm.

Barranquilla es la cuarta ciudad del país, que más descargas contaminantes emite a la atmósfera *“la principal fuente de contaminación del aire la constituyen los vehículos con un 34%, luego la industria con un 18%. Los contaminantes emitidos por los vehículos son: monóxido de carbono (89,12%) dióxido de azufre (0,23%) hidrocarburos (6,44%) óxidos de nitrógeno (3,82%) y partículas (0,37%)”*²¹.

De la afirmación anterior no se conoce un soporte técnico, toda vez que revisado el documento: Informe del estado de la calidad del aire en Colombia, 2007-2010. Del IDEAM, con fecha del 2012, (ISBN 978-958-8067-56-8) En su capítulo 4.2, Estado de la calidad del aire en las principales ciudades del país. Se observa que Barranquilla no figura en el listado de las diferentes ciudades analizadas²² por tanto no se tiene una información actualizada y veraz de la calidad del aire en la ciudad. Muy probablemente debido a la falta de equipos necesarios para realizar mediciones de la calidad del aire, que padece el distrito municipal²³.

*“DISTRITO, SIN EQUIPOS PARA CONTROL AMBIENTAL. Aplicar en Barranquilla la Resolución 910 de 2008 que recientemente expidió el Ministerio del Medio Ambiente que reglamenta los niveles permitidos de emisión de contaminantes de los automóviles, podría quedar en solo buenas intenciones. La razón: la autoridad ambiental no cuenta con los aparatos suficientes para verificar si un carro contamina o no”*²⁴

Es importante la necesidad de actualizar esta información y proporcionarle un asidero técnico, debido a que la gran porción industrias asentadas sobre la vía 40, (sector de Barlovento, margen interna del río Magdalena) que hacen suponer como escaso ese 18%, las cuales, producto de sus actividades emiten gases contaminantes diversos, afectando negativamente a la calidad del aire de la ciudad, sobre todo en la temporada de diciembre

21. Documento COMPES, 3444 (14-3-2005) Contaminación del aire. LINEAMIENTOS PARA LA FORMULACIÓN DE LA POLÍTICA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE. p. 4.

22. Informe Del Estado De La Calidad Del Aire En Colombia, 2007-2010. IDEAM. 2012. ISBN 978-958-8067-56-8 Cap. 42

23. Disponible en:

<http://www.elheraldo.com.co/ELHERALDO/BancoConocimiento/1/10locasinequipos/10locasinequipos.asp?CodSeccion=>

24. IBÍDEM

a abril, cuando la velocidad del viento alcanza sus valores más altos. Se espera que con la aplicación de algunas directrices del Nuevo Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Especial Industrial y Portuario de Barranquilla 2012–2032, se desplacen la mayoría de estas industrias (las más contaminantes) al extrarradio sotavento de la ciudad, para la erradicación de estos focos contaminantes, ya que esta problemática pasó a convertirse en prioridad por involucrar la salud pública de los ciudadanos.

Los contaminantes atmosféricos utilizan al viento como vehículo, el cual no solo arrastra los diversos productos generados por la industria sino también otros agentes, como el salitre, polvo de arena, etc.

Los productos contaminantes generados por la industria en Barranquilla, podemos desglosarlos en: sulfato de amonio, el cual es un producto residual de la fabricación del nylon, el cemento de las plantas ubicadas en zona de barlovento, el yeso, la pulpa de papel²⁵ y carbón, este último fruto de las zonas de acopio a cielo abierto, dispuestas en franjas paralelas al río.

También en diversas temporadas del año la ciudad se ve gravemente afectada por un fenómeno inducido por la mano del hombre, consistente en quemaduras masivas de material vegetal efectuadas en el parque isla de salamanca, ubicado en el sector de Barlovento de la ciudad, y que se realizan para la producción ilegal de carbón vegetal a base de la quema de manglar. Lo cual se constituye, en fuente principal de contaminación para el aire de la ciudad.

Toda vez que las emisiones que se producen por la quema de material vegetal se encuentran entre las más contaminantes para el ser humano. Aparte del daño ecológico causado al ecosistema. Evidentemente de esto no se tienen mediciones para conocer los niveles contaminantes alcanzados en esos periodos de afectación.

1.6. Conclusiones

Una vez analizada la información anterior podemos concluir lo siguiente:

La cercanía de Colombia con el eje del Ecuador, hace que su territorio reciba una porción importante de energía proveniente del sol, El calentamiento de la atmósfera en esta zona, así mismo la fuerza centrífuga y la fuerza de Coriolis producidas por la rotación de la Tierra, constituyen el motor²⁶ para el movimiento de las grandes masas de aire continental que se presentan en esta zona de la tierra.

25. <http://es.wikipedia.org/wiki/Barranquilla>

26. CIOH-meteorología operacional. Disponible en:

(<http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla2.php>)

En general Los vientos alisios y la posición de la zona de convergencia intertropical ZCIT, determinan en la escala sinóptica, el comportamiento del viento en Colombia a lo largo del año²⁷.

En el litoral caribe de Colombia su máxima intensidad se presenta en el período comprendido entre los meses de diciembre y abril, (época de brisas) esto debido a la fluctuación de la zona de confluencia inter tropical-ZCIT.

Los vientos alisios caracterizan el Clima de la ciudad, en conjunto con su ubicación dentro de la Zona de Confluencia Inter Tropical ZCIT. Son vientos que penetran al territorio en paralelo al litoral, lo hacen cargados de humedad que han recogido del océano y que continúan recogiendo al interior de la ciudad.

Hacia ciertas zonas de la ciudad, en especial el sector este, estos vientos se tornan especialmente secantes, luego que remontan la sierra nevada de Santa Marta, producen el efecto de sombra de lluvia o de sotavento. Fenómeno que técnicamente se conoce con el nombre de efecto **Föhen**.²⁸

Aparte de los vientos alisios del norte, el territorio del litoral caribe se ve intervenido por otros fenómenos de carácter atmosférico, y que suelen suceder con una periodicidad anual, afectando de manera importante el régimen de vientos en la ciudad de Barranquilla, Estos son las ondas del este, los frentes fríos y los ciclones tropicales.

El clima en Barranquilla tiene dos periodos; uno seco que discurre de diciembre a marzo; caracterizado por la influencia de los alisios del norte que soplan con una intensidad muy alta, capaz incluso de producir daños en las edificaciones. Y otro húmedo que comprende de mayo a diciembre, el cual se caracteriza por la alta humedad y las copiosas precipitaciones, que originan un ambiente caluroso con características malsanas más bien propias del clima de selva tropical.

Algunos sectores del litoral caribe (norte del dpto. del Atlántico, nor-oeste del magdalena, La Guajira y norte, centro del cesar) se encuentran dentro de las zonas del país, que presentan los más altos valores de velocidad del viento en superficie.

En la ciudad de Barranquilla (norte del dpto. del Atlántico), durante todo el año los regímenes de velocidad media del viento están determinados por las oscilaciones del sistema de alta presión de las Azores y las fluctuaciones de la Zona de Convergencia Intertropical ZCIT, las cuales de diciembre a marzo (Época Seca) presentan posiciones propicias para que se presente flujo constante de viento en la ciudad de Barranquilla, ocasionando las mayores velocidades del año. Las cuales según los registros multianuales

27. BLANCO, José A. (02 de 1997). «Geografía Física de Barranquilla». En Rodolfo Zambrano. Historia General de Barranquilla (Primera edición). Mejoras. pp. 13–22. ISBN 958-96185-0-2.

28. Jet Stream (2008) /Synoptic/Wind htm <<origin of wind>> National Weather Service.

del IDEAM oscilan entre 4.5 y 6.1 m/seg, así mismo de abril a junio (primera época Húmeda) se presentan velocidades medias entre 2.7 y 4.8 m/seg.

Podríamos concluir que, son cinco los meses del año en los que puede aprovecharse la fuerza dinámica del viento para el acondicionamiento pasivo del interior de los edificios.

El horario para las máximas velocidades durante los meses de diciembre a abril, según la estación meteorológica de soledad, se sitúa en la franja de 13-14 hrs. hasta 21-22 hrs; 5-6 m/s.

En el litoral caribe las direcciones predominantes son noreste y norte, a excepción de las ciudades de montería y Sincelejo donde otras componentes resultan de importancia (S, SO, O y NO).

En términos generales en Barranquilla predominan los flujos con direcciones noreste y norte.

Estas componentes se presentan favorables, debido a que coinciden con las orientaciones óptimas frente al fenómeno de la radiación solar, que también resulta determinante en el acondicionamiento pasivo de las edificaciones del litoral Caribe.

No se tiene una información actualizada y veraz de la calidad del aire de Barranquilla. Muy probablemente debido a la falta de equipos necesarios para realizar mediciones de la calidad del aire, que padece el distrito municipal²⁹.

2. Diagnóstico del microclima del Malecón en Barranquilla

2.1. Introducción

Barranquilla se caracteriza por un clima tropical húmedo. Además de la humedad relativa elevada a lo largo de todo el año y la proximidad a la costa, las precipitaciones son elevadas, alrededor de 767 mm. Hay un período lluvioso, entre los meses de septiembre y noviembre en donde se reciben el 54,2% de las lluvias totales del año, que representan del orden de los 440 mm al año. Este clima condiciona el bienestar térmico de la mayor parte de las personas, ya que aparecen muchas horas del día, en varios meses del año, una sensación de “sofoco”, que condiciona el uso de los espacios exteriores (sobre todo para actividades metabólicas activas).

Para la caracterización del viento en el espacio del Malecón, se han obtenido los datos climáticos de dos estaciones meteorológicas. Por una parte, se han utilizado los datos

29. Disponible en:

<http://www.elheraldo.com.co/ELHERALDO/BancoConocimiento/1/10locasinequipos/10locasinequipos.asp?Co dSeccion=16>

climáticos del aeropuerto Ernesto Cortissoz, en formato EnergyPlus (.epw), y por otra, los datos del IDEAM correspondientes a la estación meteorológica “Las Flores”, por la disponibilidad de datos durante un período de más de 30 años (1980-2013) y por su proximidad al área objeto de estudio.

- Los datos del aeropuerto permiten obtener en detalle el comportamiento del viento, de los valores de humedad relativa y de temperaturas por horas a lo largo del día. Esta información es de especial importancia para caracterizar el microclima primero y determinar las recomendaciones de usos y diseño a lo largo del día para garantizar el confort térmico sectorizado por horas y meses.
- Los datos de la estación de Las Flores permiten tener una información más precisa en cuanto a los valores medios para la elaboración de los climogramas, ya que corresponden a datos más estables recogidos a lo largo de un período de 30 años.

Cada uno de estos datos se utilizará para obtener los análisis correspondientes de viento local, temperaturas, humedad relativa, climogramas y determinación de las condiciones de bienestar y confort del Malecón de Barranquilla.

2.2. Nubosidad, precipitación y evaporación

Las lluvias más abundantes se concentran entre septiembre y noviembre principalmente, con valores entre 100 mm y 160 mm. Entre enero y marzo las precipitaciones son escasas o casi inexistentes. El mes más lluvioso en este período es octubre en el que se han registrado lluvias de más de 360 mm en la estación del aeropuerto; hacia la franja costera se han registrado máximos mensuales de hasta 440 mm en Puerto Colombia y hacia la parte sur de la cuenca las precipitaciones máximas bajan a valores del orden de los 340 mm/año.

En cuanto a la evaporación, el mes de mayor evaporación es mayo, con un promedio de unos 291 mm y los meses con más baja evaporación son octubre, noviembre y diciembre, siendo noviembre el de menor evaporación con 129 mm.

El cielo suele estar nublado. Los meses correspondientes a la temporada más despejada son entre diciembre y principios de abril. En la situación de mayor porcentaje de cielo despejado, el cielo está despejado o parcialmente nublado entorno al 53% y nublado el 47%. La estación de lluvias coincide con los meses más nublados, donde el cielo permanece un 95% nublado y solo un 5% despejado o parcialmente nublado.

2.3. Bioclima

A partir de las temperaturas y humedad relativas de Barranquilla, se construye la Carta Bioclimática de los hermanos Olgyay, que nos determina como es el clima del lugar en relación con la sensación de confort térmico de la mayoría de las personas. Se elabora un

único diagrama, debido a la ausencia de estaciones diferenciadas en Barranquilla, ya que las temperaturas son muy uniformes a lo largo del año, presentándose las mayores diferencias a lo largo del año referidas al viento y a las precipitaciones. La humedad relativa es determinante para el confort térmico de Barranquilla, tal y como se puede apreciar en la Figura 24.

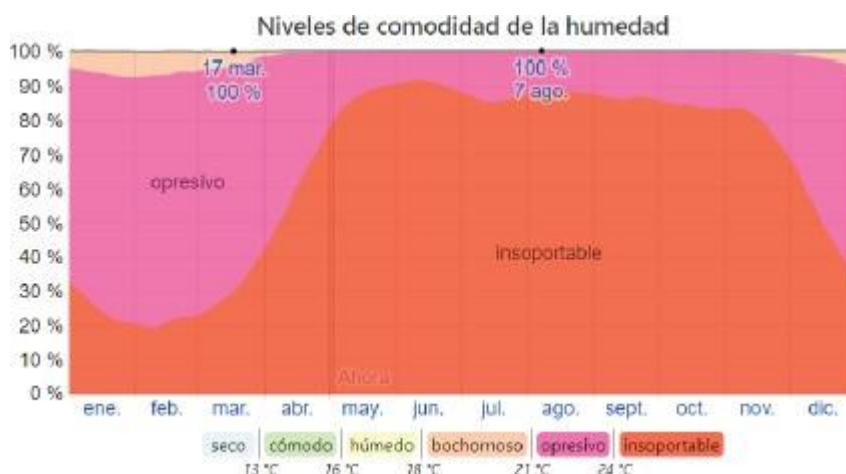


Figura 24. Gráfico de los niveles de comodidad de la humedad.

Fuente: WeatherSpark. Sitio web disponible en: [https:// es.weatherspark.com/](https://es.weatherspark.com/), para el período de tiempo 1980-2016

En el gráfico se muestra además que los niveles de comodidad respecto a la humedad son a lo largo de todo el año entre opresivos e insoportables.

2.3.1. Carta bioclimática para Barranquilla

En la carta bioclimática, se define la zona de confort a partir de la máxima de las temperaturas medias del año, que corresponde a la temperatura de 28,5°C en el mes de junio, para la localidad de Barranquilla. Se considera un nivel de arropamiento para Barranquilla de 0,5 clo (vestimenta de verano) a lo largo de todo el año, debido a las altas temperaturas y altos valores de humedad relativa. Este dato es importante para establecer una zona de confort térmico real con la situación de la localidad.

Además, la carta bioclimática determina las tres principales estrategias bioclimáticas, que son el viento, el soleamiento-sombreamiento, y la evaporación. La situación de las temperaturas secas mensuales y su humedad relativa, sitúa a la mayor parte de los meses en la zona de bioclima cálido-húmedo. En esta zona la principal estrategia bioclimática es el viento, por ello se analizará la dirección, velocidad y distribución del viento por horas, para poder diseñar las calles, los espacios públicos y la posición de las ventanas dentro de las edificaciones con los resultados del análisis del viento local.

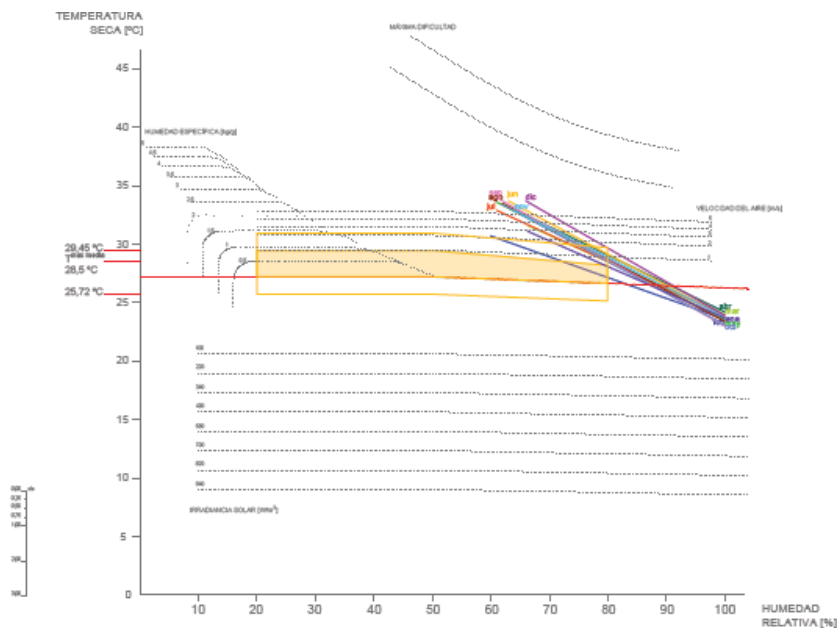


Figura 25. Climograma de Olgay para exteriores y nivel de arropamiento 0,5 clo.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos climáticos de la estación Las Flores para el período de tiempo de 1980-2013.

El diagrama muestra que no existen momentos de confort debido a las altas temperaturas y la elevada humedad relativa, y que la principal estrategia bioclimática es el viento. Por eso se deben canalizar las brisas y vientos locales según su dirección para que las edificaciones y arboles no sean obstáculos al viento local dominante.

2.3.2. Climograma de Bienestar Adaptado (CBA)

El CBA (Neila, 1998) permite identificar con mayor precisión las situaciones de confort en función de la actividad metabólica y la superficie corporal. Se tendrán en cuenta las siguientes caracterizaciones por grupos de edad y actividades para poder establecer recomendaciones para distintas franjas horarias, meses y zonas de usos. Se presentan diferentes actividades metabólicas que se pueden hacer en los espacios públicos, para que se relacionen con las horas de confort térmico del Malecón, tal y como muestra la figura 26.

	Reposo	Actividad moderada	Actividad intensa
Perfil	Estar sentado (80%) con ligero movimiento de brazos (20%)	Pasear (80%) con ligero movimiento de brazos (20%)	Correr o practicar deporte (70%) con ligero movimiento de brazos (30%)
Adulto 1,69 m 74 kg			
Niño 1,10 m 25 kg			
Adulto mayor 1,62 m 64 kg			

Figura 26. Diferentes rangos del metabolismo de las personas con un nivel de arropamiento 0,5 clo y diferentes actividades.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos climáticos de la estación Las Flores para el período de tiempo de 1980-2013

3. El viento en el Malecón de Barranquilla

3.1. Análisis de los registros de los datos de viento local

La comprensión de las principales dinámicas del viento a lo largo de todo el año es fundamental en el estudio del confort bioclimático, sobre todo en un clima tan húmedo como el de Barranquilla y en un proyecto tan próximo a una masa de agua, como es el Río Magdalena y la proximidad al océano. El viento, constituirá la herramienta bioclimática más significativa, ya que cuando se combinan altas temperaturas y alta humedad, esta es la estrategia bioclimática más relevante y necesaria para mejorar el confort térmico de las personas en los espacios exteriores y en las edificaciones.

Sin embargo, el análisis de los datos de viento, es complejo e indeterminado, lo que conlleva en numerosas ocasiones a prescindir de él, lo que conduce a un incremento en las horas y meses de discomfort. Es por tanto necesario conocer velocidad, dirección y frecuencia del viento local con la mayor precisión posible considerando cada uno de los meses del año, las diferentes franjas horarias (mañana, medio día, tarde y noche) e incluso las diferentes horas del día, ya que, con este detalle, se podrán establecer medidas bioclimáticas específicas adaptadas a cada situación temporal.

Por otro lado, es también preciso considerar los factores territoriales que determinan la dirección y velocidad del viento, presentes en este lugar y que son los siguientes:

- Las brisas marinas y terrestres.
- La presencia de montañas, cerros, y depresiones.
- La presencia de vegetación, arbórea y arbustiva.

Primero, la presencia de la laguna mallorquín, el río Magdalena y la costa atlántica, son tres importantes masas de agua, en las que se produce un efecto de brisas marítimas y terrestres por la diferencia entre el calor específico del agua y la tierra. Estas brisas, son un elemento bioclimático de primera magnitud, ya que el viento es la mejor y más eficaz estrategia para reducir las altas humedades ambientales. Cualquier proyecto cerca de la ribera del río Magdalena debe considerar la dirección del viento de las brisas, y no obstaculizarlo, de forma que se cree un canal de viento natural hacia el interior, y no quede interrumpido por la primera línea de edificación. Esta será una de las estrategias generales del proyecto del Malecón.

Segundo, la presencia de pequeños montículos, y cerros, entre los más destacados el Parque Salamanca, que determinarán zonas diferenciadas de barlovento y sotavento, que también tendrán significativas diferencias respecto al confort ambiental. En efecto, la mejor situación será la de barlovento, durante todo el año. En este caso, habrá de considerar la creación de nuevas áreas de barlovento y sotavento provocadas por la edificación en altura del nuevo proyecto, de forma que se minimicen los efectos negativos del sotavento y se potencien las áreas de barlovento frente a la ribera. El río Magdalena, presenta en la zona del Malecón una suave llanura, ya que está muy próxima su desembocadura, tal y como se aprecia en la figura 27.




	Reposo	Actividad moderada	Actividad intensa
Perfil	Estar sentado (80%) con ligero movimiento de brazos (20%)	Pasear (80%) con ligero movimiento de brazos (20%)	Correr o practicar deporte (70%) con ligero movimiento de brazos (30%)
Adulto 1,69 m 74 kg			
Niño 1,10 m 25 kg			
Adulto mayor 1,62 m 64 kg			

Figura 27. Sección longitudinal de la hipsometría del río Magdalena.
Fuente: Elaboración propia a partir del perfil Google Earth.

Tercero, las masas de vegetación de manglares, que son un elemento destacado para la evapotranspiración de la zona, y de barreras o canales para las brisas anteriormente descritas, y que establecen incrementos de humedad por evapotranspiración a lo largo del año.

3.2. Dirección y velocidad del viento por meses

Con los datos obtenidos de las estaciones de registro próximas al Malecón, se determinarán las direcciones predominantes de cada uno de los meses del año. (Figuras 28, 29 y 30).

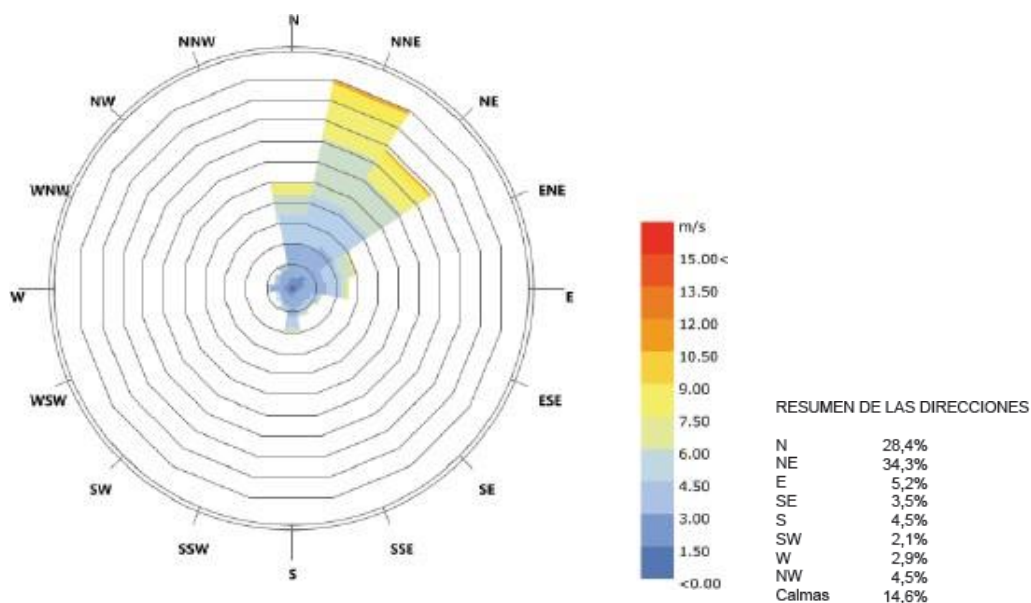


Figura 28. Rosa de los vientos con la superposición de las direcciones del viento acumulativamente.
Fuente: IDEAM. Datos correspondientes al aeropuerto de Cortissoz. Año modelo 2015. Consulta: abril 2020.

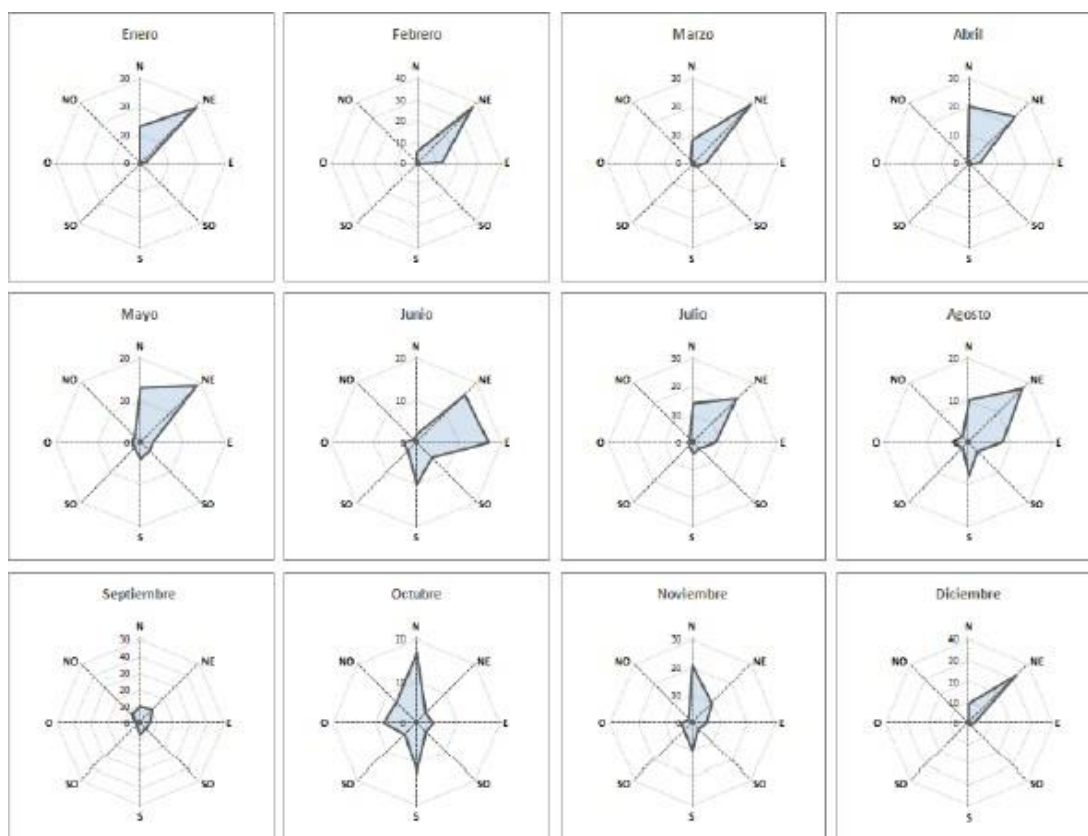


Figura 29. Rosas de los vientos mensuales.
Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta Arq-sol y SeisCubos y los datos de IDEAM, correspondientes al aeropuerto de Cortissoz. Año modelo 2015. Consulta: abril 2020.

Caracterización del viento por meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Dirección	NE	NE	NE	N-NE	N-NE	NE-N	NE	NE	N-NE	N	N	NE
Frecuencia	30	35	30	25	15	15	20	15	10	18	20	30

Figura 30. Caracterización del viento por meses según dirección principal y frecuencia.

Fuente: Elaboración propia con los datos de la tabla anterior.

Analizando las rosas de los vientos mes a mes, se pueden caracterizar cada una de las distintas épocas del año. Entre los meses de mayo y agosto, la dirección predominante del viento se mantiene noreste, con algunos vientos procedentes del sur. Septiembre es un mes registra ligeras variaciones, con predominancia de las direcciones noreste y norte. Entre diciembre y abril soplan vientos permanentemente con dirección noreste y se registran las mayores velocidades del viento. Por último, octubre y noviembre presentan vientos predominantes que soplan del norte. En octubre, también se registra alguno procedente del sur, sobre todo.



Figura 31. Gráfico de las direcciones predominantes del viento. Fuente:

Fuente: WeatherSpark. Sitio web disponible en: <https://es.weatherspark.com/>, para el período de tiempo 1980-2016.

La presencia de una dirección dominante durante muchos meses del año (Nor, Nor-este), será una determinación bioclimática para el diseño de las calles de la propuesta del Malecón, ya que, si estas llevan esa dirección, aparecerán canales de viento desde la ribera hacia el interior de la propuesta, circunstancia que será muy favorable para el confort térmico de las personas.

3.3. Velocidad del viento

Según los registros de las estaciones meteorológicas, encontramos una velocidad del viento moderada y suave, durante la mayor parte de los meses del año. La velocidad máxima es de 25,7 m/s con un promedio de 5,1 horas. Eliminando los máximos y mínimos absolutos se puede establecer una velocidad media en torno a 12 m/s que es una velocidad moderada, pero que es necesaria para el confort térmico de las personas en los espacios exteriores. La figura 32 visualiza estos datos.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Máxima absoluta	10,5	25,7	10,3	10,3	9,0	8,2	25,7	9,3	12,9	8,2	8,2	10,8	12,4
Horaria promedio	4,8	5,1	4,7	4,6	3,4	2,9	3,1	2,9	2,7	2,5	2,6	3,5	3,6
Máxima horaria media	6,1	6,9	6,9	6,5	4,7	4,5	4,4	4,4	3,7	3,6	3,6	5,2	5,0
Mínima horaria media	2,9	2,7	2,8	3,0	2,3	1,7	1,9	1,5	1,8	1,5	1,4	1,5	2,1

Figura 32. Gráfico de las direcciones predominantes del viento. Fuente:

Fuente: WeatherSpark. Sitio web disponible en: <https://es.weatherspark.com/>, para el período de tiempo 1980-2016.

La velocidad máxima horaria es de 6,9 m/s que se registra en los meses de febrero y marzo. Superan el valor de 6 m/s los meses de enero, abril y casi diciembre. Esto significa que desde diciembre a abril las velocidades del viento son significativas, capaces de moderar las condiciones de sofoco del clima exterior. En mayo, junio, julio y agosto, las velocidades están en torno a 4 m/s y los meses con velocidad media máxima más reducida son los de septiembre, octubre y noviembre.

Respecto a las velocidades mínimas horarias medias, el mes más desfavorable es noviembre con 1,4 m/s. El resto del año, los valores mínimos oscilan entre 1,5 y 3,0 que es el registro mínimo máximo del mes de abril.

Por lo tanto, será necesario considerar las velocidades de los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril, como estrategia bioclimática del viento para mejorar la sensación de confort térmico de las personas.

3.4. Caracterización de la velocidad del viento por horas

Se presentan los gráficos de las velocidades del viento por horas, según los registros meteorológicos de los observatorios cercanos, en la Figura 33.

Velocidad del viento horaria media (m/s)

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0:00	5,2	5,7	5,6	4,6	3,6	2,3	2,9	2,8	2,5	2,1	2,3	3,7	3,6
1:00	4,8	4,8	5,0	4,7	3,3	2,4	2,5	2,0	2,3	2,5	2,1	3,4	3,3
2:00	4,6	4,4	4,8	4,2	3,3	1,8	2,6	1,6	2,0	2,2	1,5	3,0	3,0
3:00	3,9	4,2	4,1	3,6	3,1	1,7	2,5	1,8	1,8	2,1	1,4	2,7	2,7
4:00	3,7	3,4	3,7	3,2	2,9	2,2	2,0	2,1	2,2	2,0	1,8	2,5	2,6
5:00	3,8	3,1	2,9	3,0	2,5	2,1	2,0	1,5	2,1	2,0	1,5	2,1	2,4
6:00	3,3	2,7	2,8	3,0	2,3	1,8	1,9	1,8	1,8	1,5	1,5	1,8	2,2
7:00	2,9	3,4	2,9	3,3	2,3	2,1	2,2	2,1	2,3	2,3	2,0	1,5	2,4
8:00	3,2	2,8	3,0	3,7	2,6	2,6	2,8	2,4	2,3	2,3	2,7	1,8	2,7
9:00	3,4	4,4	3,2	3,5	2,6	2,5	2,7	2,8	2,5	2,5	3,1	2,4	3,0
10:00	3,3	3,4	3,0	3,4	2,8	2,7	2,9	3,5	2,8	3,0	3,5	2,9	3,1
11:00	3,8	3,8	3,3	3,4	3,1	2,4	3,4	3,2	2,7	2,5	3,2	3,1	3,2
12:00	4,2	5,0	3,7	4,2	3,6	2,8	3,5	3,2	2,6	2,6	2,9	3,4	3,5
13:00	5,2	5,7	5,1	5,2	4,0	3,4	3,9	3,8	3,1	3,4	3,3	4,1	4,2
14:00	5,7	6,4	5,9	5,4	4,2	3,8	4,4	3,9	3,6	3,6	3,4	4,6	4,6
15:00	5,8	6,9	6,2	5,7	4,7	4,0	4,3	3,8	3,5	3,6	3,5	5,0	4,8
16:00	6,1	6,4	6,9	6,5	4,6	4,5	4,2	4,4	3,7	3,3	3,6	5,2	5,0
17:00	6,1	6,9	6,4	6,0	4,4	4,1	4,3	4,1	3,5	2,9	3,3	4,6	4,7
18:00	6,0	6,5	6,4	5,7	4,0	3,3	3,7	3,5	3,0	2,7	3,0	4,7	4,4
19:00	5,5	6,5	6,2	5,6	4,1	3,5	3,4	3,0	2,8	2,6	2,7	4,6	4,2
20:00	6,1	6,6	5,7	5,5	3,8	3,2	3,2	2,8	2,5	2,1	2,5	4,5	4,0
21:00	6,0	6,5	5,7	5,5	3,7	3,3	3,9	3,2	3,0	2,0	2,5	4,7	4,2
22:00	6,0	6,5	5,6	5,3	3,4	3,4	3,1	2,8	3,0	2,3	2,8	4,5	4,1
23:00	5,4	6,0	5,8	5,1	3,6	2,7	2,8	2,6	2,6	2,0	2,3	4,2	3,8



Figura 33. Tabla con la velocidad del viento horaria media por hora y mes.

Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta Arq-sol y SeisCubos y los datos de IDEAM, correspondientes al aeropuerto de Cortissoz. Año modelo 2015. Consulta: abril 2020.

Las mayores velocidades del viento (entre 7,5 y 5,0 m/s) se producen en horas de tarde y noche (desde las 13 horas a las 01 horas de la madrugada) durante los meses de enero, febrero, marzo y abril. Se deberá aprovechar esta circunstancia para las medidas bioclimáticas de los espacios exteriores y proponer actividades más activas durante estas horas y meses.

Las velocidades altas (entre ,300 y 5 m/s) también son adecuadas para el confort exterior de los espacios exteriores y están se producen por las mañanas y medio días de los meses de enero, febrero, marzo y abril. Por las tardes (desde las 13.00 horas) los meses de mayo, junio, julio agosto y parcialmente en septiembre) y luego en el mes de enero.

Los meses más críticos, con poco viento y de baja velocidad son las mañanas de los meses de tardes de junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre hasta las 12 de la mañana. Y por las tardes los meses de octubre y noviembre.

3.5. Caracterización del viento según tramos del día

Con los datos anteriores, y estableciendo franjas temporales según las actividades cotidianas de mañana, mediodía, tardes y noches, se pueden agrupar los resultados del viento del Malecón en la siguiente Figura 34.

Caracterización del viento	Franja horaria	Enero-febrero-marzo-abril	Mayo-junio-julio-agosto-septiembre	Octubre-noviembre	Diciembre
Viento por las mañanas	De 6:00 a 12:00 h	NE Fuerte (5 - 7,5 m/s)	NE predominante y S Suave (1,5 - 3,0 m/s)	N predominante y S Suave (1,5 - 3,0 m/s)	NE Suave (1,5 - 3,0 m/s)
Viento a medio día	De 12:00 a 14:00 h	NE Muy fuerte (>7,5 m/s)	NE predominante y S Moderado (3 - 5 m/s)	N predominante y S Moderado (3 - 5 m/s)	NE Fuerte (5 - 7,5 m/s)
Viento por la tarde	De 14:00 a 18:00 h	NE Muy fuerte (>7,5 m/s)	NE predominante y S Moderado (3 - 5 m/s)	N predominante y S Fuerte (5 - 7,5 m/s)	NE Muy fuerte (>7,5 m/s)
Viento nocturno	De 18:00 a 6:00 h	NE Muy fuerte (>7,5 m/s)	NE predominante y S Suave (1,5 - 3,0 m/s)	N predominante y S Suave (1,5 - 3,0 m/s)	NE Fuerte (5 - 7,5 m/s)

Figura 34. Velocidad del viento y caracterización diaria y mensual.

Fuente: Elaboración propia con los datos de IDEAM, correspondientes al aeropuerto de Cortissoz. Año modelo 2015. Consulta: abril 2020.

Estos datos son muy ilustrativos para poderlos relacionar con las actividades de los espacios exteriores del Malecón, y así establecer el viento como una verdadera estrategia bioclimática para mejorar el confort de los espacios exteriores especialmente en los meses de enero, febrero, marzo y abril durante el medio día, las tardes y las noches. La presencia de este viento nocturno mayor a 7,5 m/s podrá ser aprovechado como estrategia bioclimática de ventilación nocturna, para mejorar el confort térmico de los espacios interiores de las viviendas, siempre que se consideren ventanas hacia la dirección nor, nor-este, y con huecos enfrentados, patios abiertos, o chimeneas de viento, como elementos arquitectónicos.

4. Conclusiones relativas al viento

4.1. Estrategias generales bioclimáticas para el Malecón

El urbanismo bioclimático se puede resumir con una frase: “cada lugar requiere una planificación diferenciada que responda a las características de su medio y lugar, especialmente considerando las variables del sol y del viento”, o más sintéticamente: “a cada lugar, una planificación” (Higueras, 2006). El urbanismo bioclimático requiere una respuesta integrada de los criterios de viento, soleamiento y humedad de un determinado lugar, de forma que se mejoren las condiciones térmicas de confort de las personas. En el caso del Malecón a la vista de la carta bioclimática de la localidad, la principal estrategia bioclimática es el viento, que ayudará a mejorar la sensación de sofoco provocada por altas temperaturas y humedades relativas. Por tanto, a la vista del análisis del viento local, este debe ser un vector de diseño de la ordenación del Malecón, condicionando el trazado de

sus calles, la altura de las edificaciones, la disposición de edificios sin provocar obstrucciones al viento, la situación de los espacios libres y plazas y la determinación de las actividades más activas (deportivas) en los espacios públicos urbanos.

Un diseño bioclimático por viento

- Propiciar los canales de viento, como medida bioclimática fundamental. Trazado de las calles en orientación nor-este y sur-oeste, para que la brisa pueda entrar al interior de toda el área proyectada.
- Eliminando obstáculos al viento de componente nor-noreste, tanto arquitectónicos (edificios) como urbanísticos (muretes, cambios de rasantes...) o vegetales (árboles de porte)
- Diseñando adecuadas canalizaciones para las brisas marítimo-terrestres sobre todo en relación con actividades recreativas o deportivas.

Un diseño bioclimático por humedad

- Conociendo factores del mesoclima local y las condiciones de confort de las personas, de forma que las actividades no superen el umbral del sofoco, provocado por alta humedad y alta temperatura.
- Determinando si existe una isla de calor de las zonas antrópicas próximas, para establecer estrategias bioclimáticas para su amortiguación, especialmente propiciando brisas y turbulencias en climas cálidos y húmedos
- Determinación de si existe el efecto combinado de viento + humedad en algunas áreas y resolver con las estrategias adecuadas desde el diseño. En este sentido, se establecerá un control de la evapotranspiración de las plantas junto a la ribera del río Magdalena, para que no aporten más carga de humedad al ambiente.

Un diseño bioclimático por sol

- Analizando las zonas de sol a lo largo de todo el año y zonas de sombra a lo largo de todo el año, para conocer ventajas y disfuncionalidades térmicas de todos y cada uno de los espacios. Por la latitud del lugar, nos encontramos con una altura solar casi perpendicular, por lo que será necesario sombrear los espacios exteriores estanciales, para mejorar las condiciones de confort térmico de las personas.
- Analizando las zonas con aportes de radiación de fachadas, paramentos, muros, etc., que pueden hacer que aumente la temperatura del ambiente exterior, por su calentamiento diurno y radiación nocturna. En este sentido, se recomienda que los zócalos de las edificaciones sean siempre en colores claros, para que irradien la mayor parte de la radiación directa o difusa al ambiente, y no sean cuerpos acumuladores del calor diurno.
- Analizando los pavimentos superficiales de los espacios, sobre todo en base a su albedo (que determinará el factor de reflexividad o absortancia), según la composición de los

misimos y sobre todo de su color (colores claros mayor reflexividad que los oscuros). Se recomienda el diseño de pavimentos claros, con alto albedo.

4.2. Estrategias bioclimáticas por viento para el Malecón

Relativo a la dirección del viento

Las direcciones predominantes son las de componente Norte y Noreste, aunque las frecuencias son un poco variables, siendo las de componentes Norte las que presentan una frecuencia mayor y las Noreste menor. Esto implicará que el viario estructurante principal de la ordenación establezca canales de viento nor-este sur-oeste, para que la entrada de las brisas y del viento pueda llegar al interior de las residencias y espacios públicos.

Será necesario el proyecto de viviendas pasantes, que tengan huecos abiertos en la dirección nor-nor-este y sur-sur-oeste, para que se pueda usar la estrategia bioclimática de la ventilación cruzada en los inmuebles que se proyecten.

Será necesario no obstaculizar la brisa de la ribera del río Magdalena con edificaciones de altura en sus proximidades. Más bien, se deberá establecer un gradiente de alturas desde la ribera del río Magdalena hacia el interior del Malecón, para que la mayor parte de las viviendas puedan tener ventilación nocturna como estrategia bioclimática. Así, las viviendas de mayor altura deberán localizarse lo más alejadas posible de la ribera del río

Referido a los espacios públicos, se considera especialmente importante, proyectar un paseo ribereño junto al río Magdalena, ya que por la orientación y la dirección del viento dominante un gran número de meses, será un espacio con microclima adecuado. Tampoco se deben disponer de vegetación en altura junto a la ribera del río, para que no obstaculicen el paso del viento hacia las calles y plazas del interior.

Relativo a la velocidad

Las velocidades más elevadas corresponden a la época seca sin lluvias, entre diciembre y marzo. Esto se puede aprovechar para la determinación de algunas actividades al aire libre, como mercadillos, actividades culturales, recreativas o deportivas en estos periodos temporales

El mes de septiembre no presenta viento destacado

Las calmas se encuentran en las direcciones de componentes este y oeste durante todo el año.

Los meses de octubre y noviembre tienen una componente norte destacada, pero con frecuencias bajas.

Relativo a la caracterización horaria del viento

Se produce más viento en las horas de tarde y noche (desde las 13 horas a las 01 horas de la madrugada) durante los meses de enero, febrero, marzo y abril.

Realizando el análisis por horas diarias, nos encontramos una diferenciación muy clara a lo largo de las horas del día. En todos los meses se registran velocidades más reducidas en la primera mitad del día mientras que a partir de mediodía, los vientos son más fuertes (más de 7,5 m/s).

Durante los meses de diciembre a abril se identifican vientos fuertes a lo largo de todo el día y especialmente por la tarde. En mayo las velocidades comienzan a reducirse y de junio a noviembre los días presentan unas mañanas con viento relativamente moderado (1,5-3 m/s) y tardes con vientos mucho más rápidos (5-7,5 m/s).

4.3. Climogramas de Bienestar Adaptado (Neila, 2004) para distintas situaciones y perfiles de la población de Barranquilla

El Climograma de Bienestar Adaptado³⁰ (Neila, 2004) permite identificar con mayor precisión las situaciones de confort en función de la actividad metabólica y la superficie corporal. Se tendrán en cuenta las caracterizaciones por grupos de edad y actividades mencionadas previamente.

En este climograma se parte de los datos correspondientes a altura y peso de los distintos grupos de edad³¹ para calcular el metabolismo de cada grupo de edad. Además, se definen distintas actividades teniendo en cuenta los posibles usos del Eco-Parque (en reposo, moderada e intensa). A partir de estos cálculos, además de los datos climáticos correspondientes a la estación Las Flores, se obtienen los distintos climogramas y diagramas de isopletas que se muestran en las siguientes páginas. A continuación, se explica la interpretación de los diagramas obtenidos para cada una de las condiciones y situaciones estudiadas.

30. Climograma de Bienestar Adaptado.

Fuente: Neila González F.J. (2004). Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Ed. Madrid: Munilla-Lería.

31. Datos obtenidos del Ministerio de Salud y Protección social y de estadísticas de datos internacionales. Fuentes: Ministerio de Salud y Protección Social. Disponible en: www.minsalud.gov.co Consultado el 2 de mayo de 2020. Datos mundiales. Sitio Web. Disponible en: <https://www.datosmundial.com/estatura-promedio.php> Consultado el 2 de mayo de 2020.

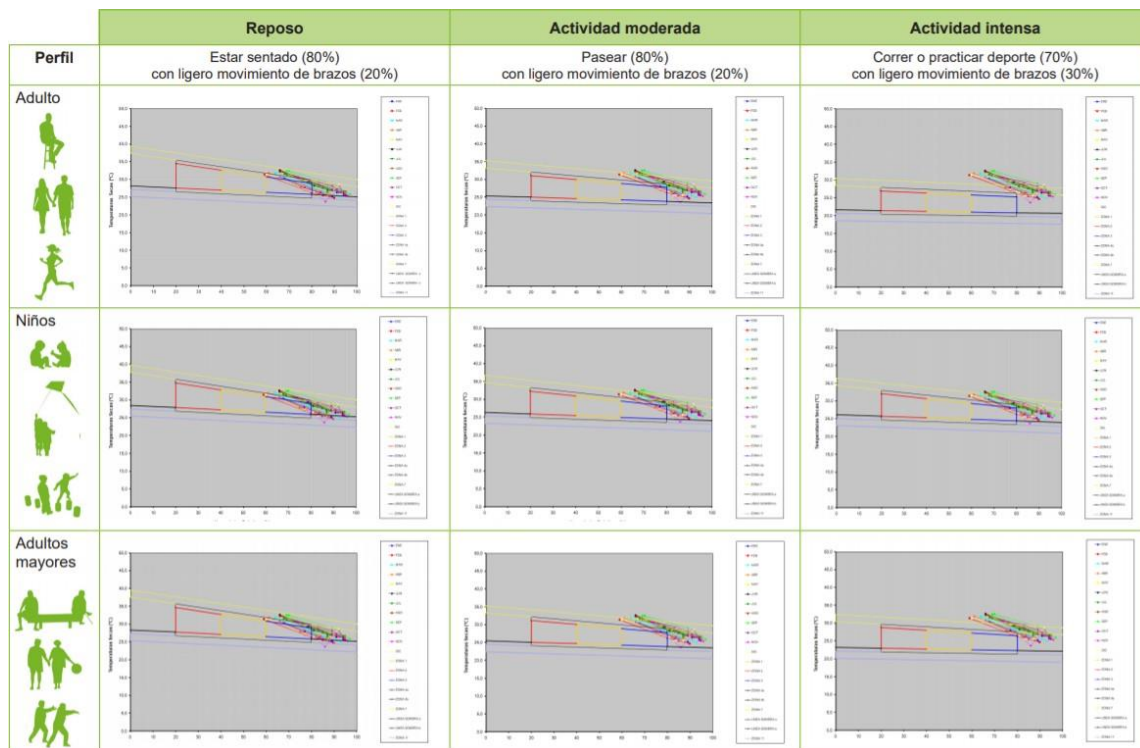


Figura 35. Climogramas de Bienestar Adaptado según los perfiles de población y distintas actividades físicas. El diagrama CBA muestra la zona de confort representada por el zapato que aparece centrado. Las líneas que se muestran corresponden a cada mes del año. Si las líneas se superponen con el zapato, indica que hay momentos del año o situaciones en las que se está en confort. Si no, serán necesarias estrategias pasivas o mecanismos activos para asegurar el confort en el espacio.

Fuente: Elaboración propia (2020) a partir de los datos del CBA adaptado a las condiciones del clima local.

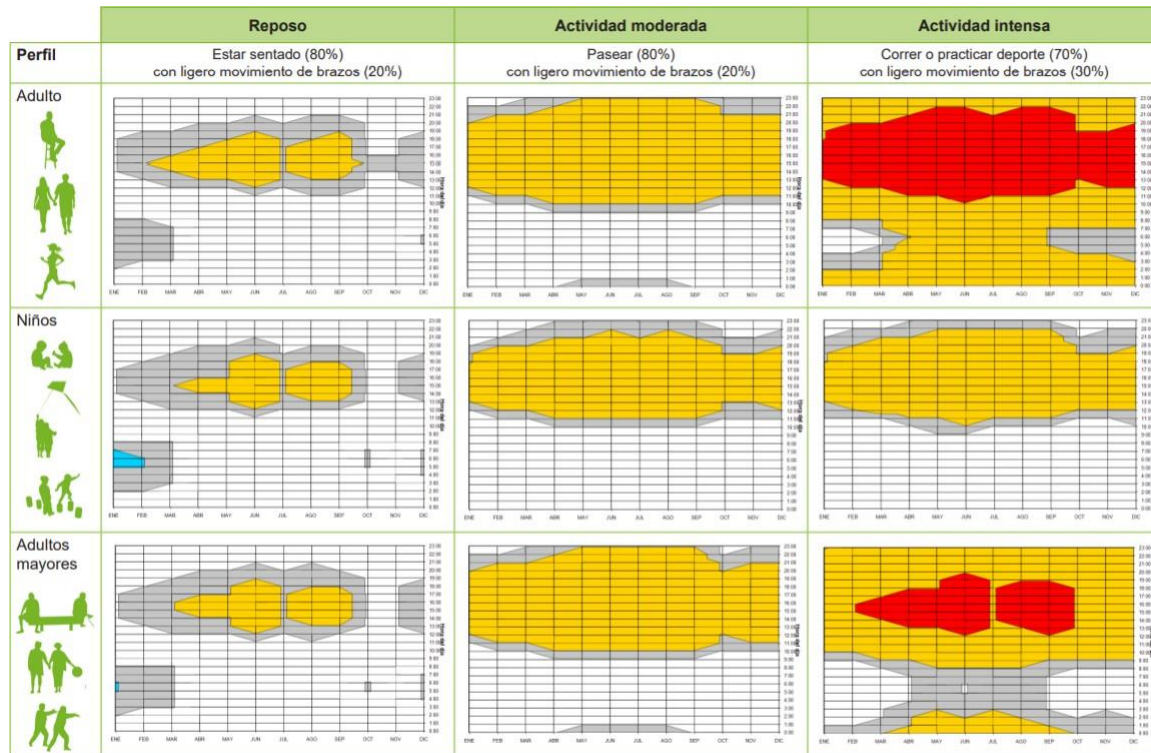


Figura 36. Diagramas de isopletas según los perfiles de población y distintas actividades físicas. El diagrama de isopletas muestra de forma más detallada, por meses y hora, la necesidad de incorporar una u otra estrategia para garantizar el confort del espacio.

Fuente: Elaboración propia (2020) a partir de los datos del CBA adaptado a las condiciones del clima local.

Bibliografía

Olmos Antonio, *Construir con el viento, Capítulo 3*. Tesis de Master. Universidad Politécnica de Cataluña. 2015.

Allard F., Santamouris M., London, James and James (2003). "*Natural Ventilation in Buildings, a design handbook*". Capítulo 2.

Atlas del viento y energía eólica de Colombia (2006). IDEAM-UPME. 2006.

Benavides Ballesteros, Henry Oswaldo y Ayala Poveda, Leonardo (2010). *Análisis descriptivo de variables meteorológicas que influyen en la calidad del aire de los principales centros industriales del País*. IDEAM-METEO/007. NOTA TÉCNICA.

Blanco, José A. (1997). «Geografía Física de Barranquilla». En Rodolfo Zambrano: *Historia General de Barranquilla* (Primera edición). Mejoras. pp. 13–22. ISBN 958-96185-0-2.02.

CIOH-meteorología operacional. Disponible en:
<http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla2.php>

Documento COMPES, 3444 (14-3-2005) Contaminación del aire. Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire. p. 4.

Glossary of Meteorology (2010). «Trade winds». American Meteorological Society.

García Chávez, J. R., Fuentes, V. (2005) *Viento y Arquitectura: El viento como factor de diseño arquitectónico*. 3ª. Ed. México: trillas.

Informe del estado de la calidad del aire en Colombia, 2007-2010. IDEAM. ISBN 978-958-8067-56-8 Cap. 4.2. 2012.

Jet Stream /Synoptic/Wind htm <<origin of wind>> National Weather Service.2008.

León, G., J. Zea & J. Eslava (2001). *Ondas del este en Colombia y algunos aspectos relevantes de los ciclones tropicales*. Meteorol. Colomb. 3:137-141. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. - Colombia.

Nuevo Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Especial Industrial y Portuario de Barranquilla 2012–2032 Decreto No. 0212 de 2014. Disponible en:
<http://www.barranquilla.gov.co/politica-y-planos-institucionales/plan-ordenamiento-territorial>.

Ortiz Royero, Juan Carlos. *Exposure of the Colombian Caribbean coast, including San Andrés Island, tropical storms and hurricanes, 1900–2010*. ISSN 0921-030X

Sánchez, J., Salmerón, J., Sánchez, F., Servando, J. Ventilación natural: estudio aerodinámico mediante CFD de extractores pasivos y captadores de viento.

Sosa Griffin, María Eugenia (1999). *Ventilación natural efectiva y cuantificable. Confort térmico en climas cálidos-húmedos*. U.C.V. Consejo de desarrollo científico y humanístico.

Velasco Roldán Luis. Tesis Doctoral. *El movimiento del aire como condicionante de diseño arquitectónico*. Universidad Politécnica de Cataluña.

Páginas Web

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358026/358026/exe-learning_CFM/leccin_23_escala_sinptica_y_mesoescala.html

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:r3np0uW4b58J:www.redescolombia.org/content/PRINCIPALES-NOTICIAS-NACIONALES-14-DE-JULIO-DE-2008+&cd=2&hl=es&ct=clnk>

Remite

a:

<http://www.elheraldo.com.co/ELHERALDO/BancoConocimiento/1/10locasinequipos/10locasinequipos.asp?CodSeccion=16>