

SIMULACIÓN TÉRMICA PARA EXPLICAR LA ORIENTACIÓN EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO: DOS ESTUDIOS DE CASO

ALAIN JESÚS JACIR ELJADUE¹

Universidad Autónoma del Caribe

Recibido: 08 de julio de 2020 / Aprobado: 13 de septiembre de 2021

Publicado: 28 de noviembre de 2021

RESUMEN

El significado real del tema de la orientación de la edificación y sus efectos en el confort de los espacios arquitectónicos se constituye en uno de los elementos fundamentales de la arquitectura bioclimática. Para el análisis realizado, se aplicó la metodología de Víctor Olygyay sobre orientación sol-aire. La simulación se hizo con enfoque positivista durante todo el periodo de un año calendario, entre el 1 de enero y el 31 de diciembre, ingresando los datos del clima de la ciudad de Barranquilla.

Palabras clave: Simulación térmica, Orientación, Diseño, Barranquilla.

ABSTRACT

The real meaning of edification orientation and its effects on the interior comfort of architectonic spaces is one of fundamental elements of bioclimatic architecture. For this analysis, we applied sun-air orientation from Víctor Olygyay methodology. Simulation was done with a positivist approach during the period of one year, from January 1 to December 31, entering the climate data of the city of Barranquilla.

Key words: Orientation, temperature, passivity, comfort.

INTRODUCCIÓN

Las simulaciones térmicas se realizaron sobre dos elementos arquitectónicos simples compuestos por cuatro paredes, piso, techo, ventanas y una puerta, a los cuales se les analizaron varias versiones de las posibles combinaciones de materiales existentes en Barranquilla; y, cada versión de dicho elemento arquitectónico, se analizó girándolo 15° cada vez hasta 180°, con el propósito de realizar comparaciones entre sus resultados luego de cada giro de la edificación.

De esta manera, se buscó encontrar la orientación óptima en temas de temperatura interior y, a su vez, encontrar los materiales que más y mejor se adecúan a

este propósito. Cabe resaltar que, para cada proyecto arquitectónico, los resultados serán distintos aunque se encuentren en la misma ciudad, ya que cada lote tendrá un microclima propio; y, para cada uno, se tendrá que simular todo lo que se encuentre presente en dicho lote -por ejemplo, una montaña, un árbol, un edificio vecino, entre otras cosas- pero estos resultados se pueden tomar como referentes para futuros diseño en la ciudad.

Este tema no puede ser realmente expresado si no es llevado a la cuantificación y qué mejor forma de hacerlo que utilizando simulaciones térmicas y apoyado en análisis de radiación con métodos gráficos.

¹ Facultad de Arquitectura, Arte y Diseño. Universidad Autónoma del Caribe de Barranquilla, Colombia. Datos de contacto: alain.jacir@uac.edu.co; ajacir@jacirbioclimatic.com

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Antes de hablar de orientación, es importante hacer referencia al principio de la civilización. Lo que ayudó al hombre primitivo a protegerse, tanto del ambiente hostil como de las criaturas salvajes e inclemencias climáticas, fueron las cuevas que bloqueaba con plantas espinosas y barricadas. Más adelante, gracias a las primeras edificaciones, el papel de agente defensor contra los ataques se transfirió a las paredes (planos verticales), mientras que el techo (el plano horizontal) asumió la responsabilidad de proporcionar protección contra el clima (Pandya, 2007).

A su vez, la orientación en la arquitectura siempre ha tenido una importancia muy relevante al momento de diseñar, tanto en edificios como en el trazado de las ciudades, aunque con esto se buscaba el bienestar físico de los pobladores, ello también tenía implicaciones culturales y simbólicas.

En la medida en que fueron pasando los siglos, la importancia de la orientación fue paulatinamente relegándose a un segundo plano, aunque en algunas edificaciones religiosas permaneció un poco más por cuestiones litúrgicas, pero con el tiempo también fue relegada (Viquería, 2001).

DETERMINANTES

Es de vital importancia tener en cuenta el lugar, la latitud y la orientación donde se va a construir, ya que el clima de cada lugar es diferente de acuerdo a las condiciones específicas de cada sitio: es muy distinta la forma en que se construye en Egipto a la de España.

Así mismo, debe pensarse en regiones o tierras que ofrecen características diferentes, ya que hay zonas donde la tierra se ve muy afectada por el curso del sol, lo que hace que se tomen diferentes decisiones al momento de diseñar (Vitruvio, 2016).

La orientación óptima de un edificio será aquella en la cual el sol calienta -en mayor o menor proporción- las fachadas del edificio dependiendo de la necesidad o no de calor, ya que la importancia del calor proveniente del sol variará de acuerdo a la región y a las estaciones en donde se encuentre la edificación: en zonas donde el clima es frío, lo mejor será aprovechar la radiación solar, orientando las fachadas del edificio de la forma en que pueda recibir mayor radiación solar; en

regiones donde el clima es cálido, la orientación más adecuada será la que proporcione menor impacto de la radiación solar en las fachadas; y así mismo, en lugares donde se cuente con periodos fríos y cálidos en diferentes momentos del año, la orientación óptima será aquella que aproveche la radiación solar durante las épocas frías, y rechace la radiación solar durante las épocas cálidas.

Todo esto tendrá un resultado en la temperatura del aire al interior de los espacios, por lo cual es importante analizarlo para poder diseñar edificios confortables térmicamente (Olgyay, 1998).

De igual forma, así como el plano horizontal es de vital importancia para la protección de los agentes climáticos, también lo son los planos verticales, es decir, que tanto el techo como las paredes deben ser tenidas en cuenta en un estudio de orientación y cómo influye la radiación solar en cada uno de esos planos.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Se realizó un análisis de orientación para encontrar una orientación óptima para el diseño de edificaciones en la ciudad de Barranquilla; con la ayuda de un software de simulación térmica, al cual se le introdujeron todos los datos climáticos de la ciudad y también todos los datos de los elementos arquitectónicos a analizar. El objetivo principal de cada simulación era obtener resultados de temperatura operativa generada al interior de los espacios de los dos edificios simulados.

Primero se realizó una simulación con los edificios cerrados sin puertas ni ventanas, uno rectangular y uno cuadrado, ambos con los mismos elementos de construcción en cuanto a materiales, los cuales se giran 15° cada vez, buscando con esto cubrir todas las posibles orientaciones, para analizar los resultados de los edificios únicamente con respecto a la radiación solar en los elementos verticales y horizontales.

Luego de encontrar la orientación más favorable y la menos favorable, se procede a colocarles ventanas de 2 m por 2 m en las fachadas que miran hacia las orientaciones que se están analizando, para observar el efecto de la ventilación en la temperatura interior, y así mismo se generan ganancias directas de radiación y ganancias por ventilación por las ventanas que se abrieron.

Más adelante, se agregan protecciones solares en forma de aleros a cada ventana y se comparan para analizar qué sucede en la orientación más favorable y qué sucede en la orientación menos favorable.

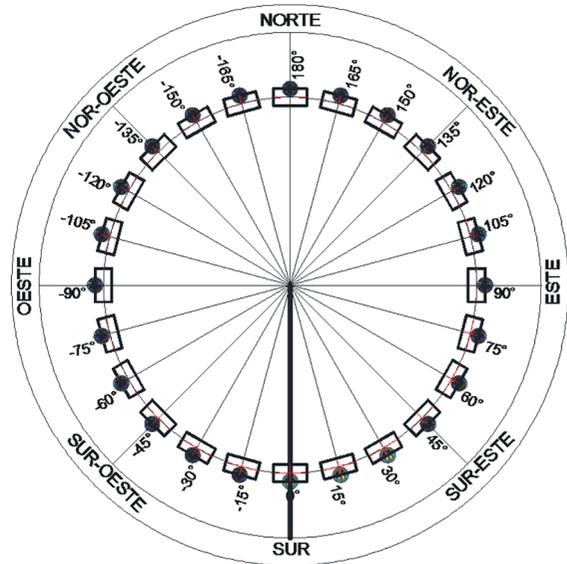
También es importante revisar, por el método gráfico, la cantidad de radiación que reciben ambas orientaciones, la más y la menos favorable, ya que dicho método gráfico apoya la realización del cálculo de los elementos para el sombreado solar, en éste caso los aleros que se colocaron para proteger ambas ventanas en cada edificación.

DISCUSIÓN

La orientación está tomada con el Sur como 0° y el Norte como 180°, partiendo desde el Sur hacia el Norte de manera positiva hacia la derecha, pasando por el Este con 90° y de manera negativa hacia la izquierda pasando por el Oeste con -90°. Contando con el Suroeste con 45°, el Noreste con 135°, el Suroeste con -45° y el Noroeste con -135°. (Ver figura 1).

La Tabla 1 presenta los resultados de las temperaturas operativas promedio mensuales y el promedio anual que fueron obtenidos en cada una de las 24 orientaciones simuladas para cada uno de las dos edificaciones (Ver Tabla 1 y Tabla 2).

Figura 1. Orientaciones a estudiar



Fuente: datos del Autor

Figura 1. Resultados de las temperaturas operativas promedio mensuales para un elemento cuadrado

TEMPERATURA OPERATIVA EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA PARA UN ELEMENTO DE DIMENSIONES Lado 1=4m, lado 2=4m, altura=3,5m																
ORIENTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO			
0° Y 180°	29,44	29,44	29,47	29,49	29,49	30,59	30,49	30,9	30,55	30	29,82	30,26	29,78	29,78	30,0192	
15° Y -165°	29,41	29,41	29,5	29,55	30,55	30,45	30,85	30,58	30,08	29,82	30,23	29,75	29,75	30,0150		
30° Y -150°	29,35	29,39	29,54	29,63	30,61	30,45	30,88	30,66	30,16	29,84	30,17	29,68	29,68	30,0300		
45° Y -135°	29,33	29,39	29,56	29,65	30,65	30,48	30,92	30,69	30,18	29,84	30,15	29,65	29,65	30,0408		
60° Y -120°	29,34	29,39	29,54	29,63	30,63	30,46	30,91	30,66	30,15	29,83	30,16	29,68	29,68	30,0317		
75° Y -105°	29,41	29,42	29,5	29,56	30,59	30,47	30,9	30,58	30,08	29,8	30,22	29,75	29,75	30,0233		
90° Y -90°	29,44	29,44	29,47	29,49	29,49	30,59	30,49	30,9	30,55	30	29,82	30,26	29,78	30,0192		
105° Y -75°	29,41	29,41	29,5	29,55	30,55	30,45	30,85	30,58	30,08	29,82	30,23	29,75	29,75	30,0150		
120° Y -60°	29,35	29,39	29,54	29,63	30,61	30,45	30,88	30,66	30,16	29,84	30,17	29,68	29,68	30,0300		
135° Y -45°	29,33	29,39	29,56	29,65	30,65	30,48	30,92	30,69	30,18	29,84	30,15	29,65	29,65	30,0408		
150° Y -30°	29,34	29,39	29,54	29,63	30,63	30,46	30,91	30,66	30,15	29,83	30,16	29,68	29,68	30,0317		
165° Y -15°	29,41	29,42	29,5	29,56	30,59	30,47	30,9	30,58	30,08	29,8	30,22	29,75	29,75	30,0233		

Fuente: datos del autor.

Tabla 2. Resultados de las temperaturas operativas promedio mensuales para un elemento rectangular

TEMPERATURA OPERATIVA EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA PARA UN ELEMENTO DE DIMENSIONES Lado 1=4m, lado 2=8m, altura=3,5m																
ORIENTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO			
0° Y 180°	29,49	29,45	29,46	29,45	29,45	30,56	30,49	30,88	30,51	29,96	29,82	30,28	29,83	29,83	30,0150	
15° Y -165°	29,47	29,42	29,5	29,54	29,54	30,52	30,45	30,82	30,55	30,07	29,86	30,26	29,8	29,8	30,0217	
30° Y -150°	29,41	29,42	29,58	29,66	30,62	30,47	30,88	30,69	30,19	29,88	30,21	29,73	29,73	30,0617		
45° Y -135°	29,4	29,46	29,65	29,74	30,71	30,56	30,98	30,78	30,28	29,93	30,23	29,71	29,71	30,1192		
60° Y -120°	29,42	29,5	29,68	29,77	30,75	30,61	31,03	30,82	30,32	29,95	30,26	29,75	29,75	30,1550		
75° Y -105°	29,48	29,54	29,68	29,76	30,76	30,65	31,06	30,81	30,31	29,96	30,32	29,8	29,8	30,1775		
90° Y -90°	29,5	29,57	29,68	29,73	30,77	30,67	31,08	30,8	30,28	29,98	30,35	29,82	29,82	30,1858		
105° Y -75°	29,48	29,54	29,69	29,76	30,74	30,64	31,05	30,81	30,31	29,96	30,32	29,8	29,8	30,1750		
120° Y -60°	29,42	29,5	29,68	29,77	30,75	30,61	31,04	30,82	30,32	29,94	30,26	29,75	29,75	30,1550		
135° Y -45°	29,39	29,46	29,65	29,74	30,73	30,58	31,01	30,78	30,28	29,91	30,22	29,71	29,71	30,1217		
150° Y -30°	29,39	29,42	29,58	29,66	30,66	30,51	30,95	30,69	30,19	29,85	30,22	29,73	29,73	30,0692		
165° Y -15°	29,46	29,43	29,49	29,54	30,57	30,48	30,89	30,55	30,06	29,8	30,24	29,8	29,8	30,0258		

Fuente: datos del autor.

Tabla 3. Inercia del sol sobre un volumen de acuerdo con la latitud

inercia del sol sobre un volumen de acuerdo a la latitud							
latitud	norte	sur	oriente	occidente	cubierta	total	
0°		8	8	17	17	49	99
10°	3,4		14,3	17,8	17,8	46	99,3
20°	2,6		16,4	18	18	44,8	99,8
30°	1,5		21,4	17,7	17,7	41,6	99,9
40°	1,2		26	17,5	17,5	37,5	99,7
50°	1,4		30	17,5	17,5	33,7	100,1
60°	2,2		31,8	18	18	29	99
70°	5,7		30	19	19	25,5	99,2
80°	13,2		25,6	19,7	19,7	21,5	99,7
90°	19,8		19,8	19,8	19,8	20	99,2

Fuente: (Moreno, 1991)

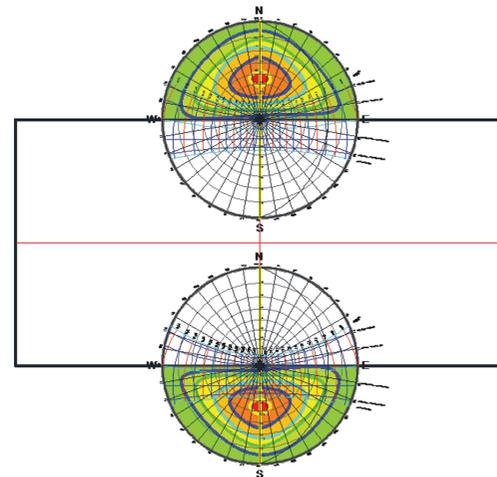
Las simulaciones muestran que, para un elemento cuadrado, las orientaciones más favorables serían 15°, -165°, 105° y -75°, y las orientaciones menos favorables serían 45°, -135°, 135° y -45°. Así mismo, para un elemento rectangular, la orientación más favorable sería 0° y 180° y la orientación menos favorable sería 90° y -90°. Esto coincide con la tabla de la inercia del sol sobre un volumen de acuerdo a su latitud (Ver tabla 3).

Para el análisis práctico de la irradiación que incide en un elemento vertical en la latitud de la ciudad de Barranquilla de acuerdo al método gráfico, no se mostrarán las 24 orientaciones que tendría el edificio, luego de girarlo cada 15° cubriendo así los 360°, ya que, de acuerdo a las teorías de orientación lo que se debe hacer en un clima cálido-húmedo es orientar el edificio de forma tal, que reciba la menor cantidad posible de radiación durante todo el año. Solamente se mostrarán las orientaciones de la edificación rectangular, la más favorable y la menos favorable.

Se puede verificar que, en las orientaciones más favorables, la incidencia de la irradiación solar en los elementos verticales tiene menor potencia y mucho menor número de horas sobre las fachadas Sur (0°) y Norte (180°). Siendo el Sur un poco menos favorable que el Norte, ya que el Sur tendrá sol durante 7 meses del año todo el día, mañana y tarde, y el Norte tendrá sol durante 5 meses del año todo el día, mañana y tarde. Otra diferencia es la potencia de radiación, ya que el color verde es menor intensidad y el color rojo el mayor, como se aprecia en la Figura 2.

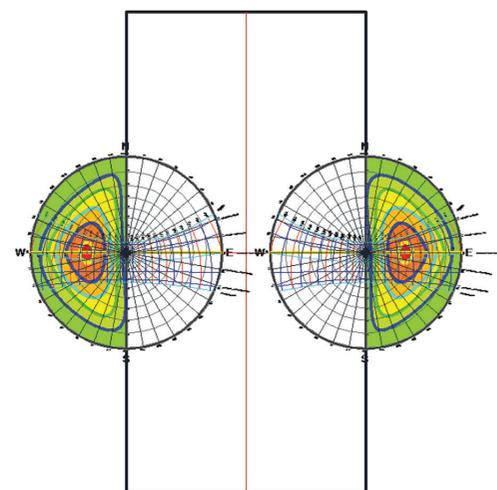
Se puede verificar que, en las orientaciones menos favorables, la incidencia de la irradiación solar en los elementos verticales (paredes) tiene mayor impacto sobre las fachadas Este (90°) y Oeste (-90°). Y cabe resaltar

Figura 2. Incidencia de la irradiación solar en elementos verticales en orientación 0° y 180° (Norte, Sur)



Fuente: datos del Autor

Figura 3. Incidencia de la irradiación solar en elementos verticales en orientación 90° y -90° (Este, Oeste)



Fuente: datos del Autor

que ambas fachadas recibirán irradiación del sol durante todos los meses del año, el Este durante las mañanas y el Oeste durante las tardes, pero ambos cuentan con las potencias más altas de radiación que pueden llegar a tener una orientación sobre un elemento vertical en esta latitud.

Los resultados de abrir los vanos o ventanas en la edificación rectangular, tanto en las orientaciones más como en las menos favorables, muestra los efectos de la ventilación dentro de la temperatura operativa al interior de los espacios (Ver Figura 4 y Figura 5).

Figura 4. Colocación de ventanas al Norte (180°) y al Sur (0°) de la edificación rectangular

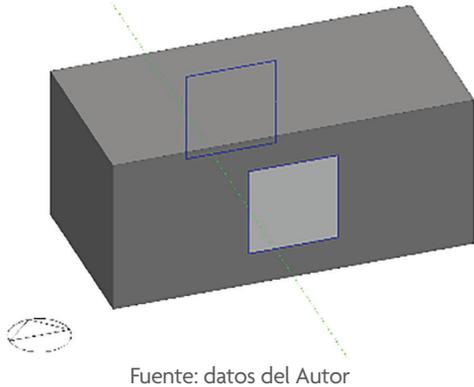
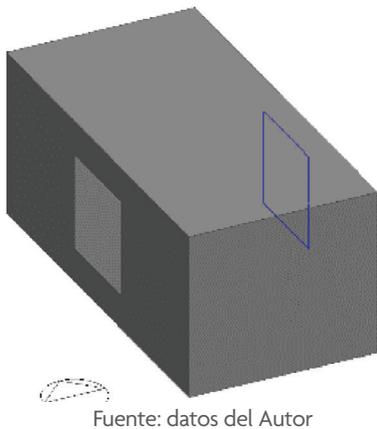
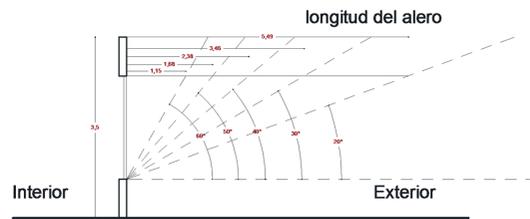


Figura 5. Colocación de ventanas al Este (90°) y al Oeste (-90°) de la edificación rectangular



Finalmente, se colocaron elementos de protección solar calculados de manera tal que protejan cada una de las ventanas de cada edificación, de acuerdo al uso del siguiente corte donde se representan la distancia o longitud del alero de acuerdo al ángulo con que se diseña, tal como se aprecia en la Figura 6. Como se puede ver en las fachadas orientadas hacia el Norte y hacia el Sur se necesitan aleros mucho más pequeños que en las fachadas orientadas hacia el Este y hacia el Oeste (Ver Figura 7 y Figura 8).

Figura 6. Longitud del Alero con respecto al ángulo de incidencia solar



Fuente: datos del Autor

Figura 7. Aleros de protección solar para cubrir incidencia de radiación en las ventanas que miran hacia las orientaciones Norte (180°) y Sur (0°)

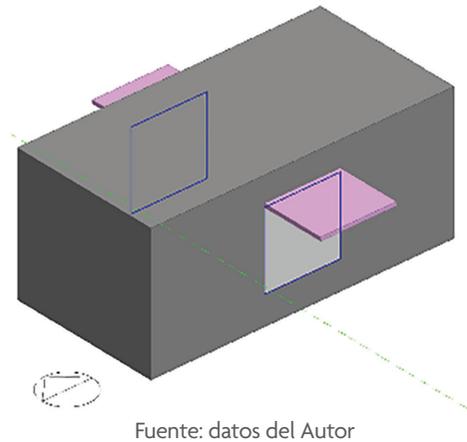
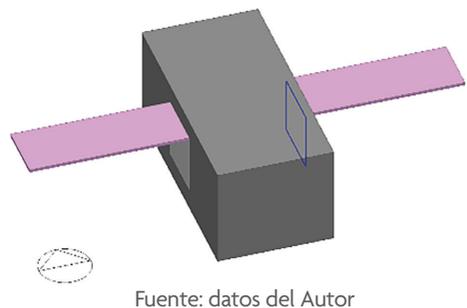


Figura 8. Aleros de protección solar para cubrir incidencia de radiación en las ventanas que miran hacia las orientaciones Este (90°) y Oeste (-90°)



Se observa un aumento en la temperatura operativa en ambas orientaciones, ya que abrir ventanas sin colocar protección solar hará que aumenten las ganancias debido a la incidencia de la radiación y la carga por ventilación (durante el día) al interior del espacio luego que pasa a través de la ventana (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de simulaciones térmicas incluyendo ventanas sin protección solar

TEMPERATURA OPERATIVA EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA PARA UN ELEMENTO DE DIMENSIONES Lado 1=4m, lado 2=8m, altura=3,5m Con ventana de 2mx2m al norte y sur centradas													
ORIENTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
0° Y 180°	30,93	30,68	30,33	30,21	31,48	31,48	31,89	31,34	30,74	30,75	31,62	31,26	31,0592
90° Y -90°	31,01	31,22	31,23	31,28	32,36	32,25	32,76	32,41	31,82	31,36	31,92	31,23	31,7375

Fuente: datos del Autor

Tabla 5. Resultados de simulaciones térmicas incluyendo ventanas con protección solar

TEMPERATURA OPERATIVA EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA PARA UN ELEMENTO DE DIMENSIONES Lado 1=4m, lado 2=8m, altura=3,5m Con ventana de 2mx2m al norte y sur centradas + ALEROS													
ORIENTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
0° Y 180°	30,22	30,15	30,07	30,06	31,24	31,18	31,6	31,16	30,55	30,4	30,98	30,55	30,6800
90° Y -90°	30,27	30,33	30,24	30,28	31,44	31,36	31,8	31,41	30,77	30,55	31,11	31,57	30,9275

Fuente: datos del Autor

Se logra reducir la incidencia de la radiación al interior de los espacios y se eliminan de cierta forma las ganancias directas simplemente con sombrear las ventanas. Cabe resaltar que los aleros de las orientaciones -90° (Oeste) y 90° (Este) tienen que ser de mayor longitud que los aleros que se diseñan en las orientaciones 0° (Sur) y 180° (Norte), ya que al momento de cubrir las horas en que la irradiación solar en elementos verticales se presenta con mayor intensidad, se aprecia que se logra mayor cubrimiento gran parte de las horas del día durante todos los meses del año, tanto en la mañana como en la tarde (Ver Tabla 5).

CONCLUSIONES

La orientación más favorable en la ciudad de Barranquilla para edificios cuadrados es 15° y -165° y cabe resaltar que al girar el edificio a 105° y -75° es exactamente la misma orientación en un edificio cuadrado, por lo cual se obtiene el mismo promedio de temperatura operativa en todos los meses y en el promedio anual.

De otra parte, la orientación menos favorable en la ciudad de Barranquilla para edificios rectangulares es 90° (Este) y -90° (Oeste) y la más favorable es 0° (Sur) y 180° (Norte).

Al momento de abrir los vanos para las ventanas para iluminar y ventilar los espacios, se deben colocar elementos de protección solar para eliminar las ganancias por incidencia de radiación directa.

Los elementos de protección solar en las orientaciones 90° (Este) y -90° (Oeste) serán del mismo tamaño y del mismo ángulo ya que reciben la misma potencia de radiación teórica por metro cuadrado durante todo el año, y los elementos de protección solar en la orientación 0° (Sur) serán mayores que las de la orientación 180° (Norte), debido a que cuentan con distinta potencia de radiación teórica por metro cuadrado durante todo el año.

REFERENCIAS

- Moreno, S. (1991). *Arquitectura, Hombre y Clima*. Publicaciones SENA.
- Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima*. Gustavo Gili, SL.
- Pandya, Y. (2007). *Elements of Spacemaking*. Mapin Publishing Pvt. Ltd.
- Viquería, M. R. (2001). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- Vitruvio, M. (2016). *Los diez libros de la Arquitectura*. Alianza Editorial S.A.