

TÉCNICA / MEDIO AMBIENTE / CLIMA / SOSTENIBILIDAD
TECHNIQUE / ENVIRONMENT / CLIMATE / SUSTAINABILITY

ESTUDIO DE CASO RESIDENCIA BERTHEAU OMODEO

Estrategias de Diseño para la Optimización en el Desempeño Bioclimático

Mag. Eduardo Bertheau Oros, Arquitecto

Universidad de Costa Rica, Escuela de Arquitectura, Programa de Posgrado en Arquitectura

Profesor

edbertheau@gmail.com

PRESENTACIÓN :

El documento consiste en el estudio bioclimático de la residencia Bertheau Omodeo, mediante la aplicación de diferentes herramientas estudiadas en la Maestría Profesional de Arquitectura Tropical de la Universidad de Costa Rica, con el objetivo de evaluar el confort del edificio y proponer estrategias pasivas para el mejoramiento del desempeño. Inicialmente se incluye un descripción del clima del lugar y de la arquitectura del edificio. El desarrollo del trabajo se enfoca en el diagnóstico del desempeño bioclimático de los diferentes ámbitos de la casa y se planteó en cuatro aspectos diferentes, a saber: diagnóstico del confort térmico del edificio, diagnóstico del soleamiento del edificio y de la ventilación natural. A partir de los resultados obtenidos de estos diagnósticos se plantearon una serie de recomendaciones con carácter de pautas y estrategias pasivas de diseño para el mejoramiento del desempeño bioclimático de la casa.

Palabras clave: confort; iluminación; soleamiento; ventilación.

ABSTRACT:

This document consists of a bioclimatic analysis of the residence of the author, utilizing different techniques and methodologies used in the Masters Program in Tropical Architecture at the University of Costa Rica to evaluate the physical comfort of buildings and propose passive strategies for improving the building's performance. The article starts with a brief description of the climatic characteristics of the site and the design of the residence and undertakes a diagnosis of the bioclimatic performance of its different interior spaces, including their thermal performance, protection from solar radiation and natural ventilation. This diagnosis leads to a series of recommendations for improving its bioclimatic performance.

Key words: confort; illumination; sun; ventilation.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Localización:

País: Costa Rica. Provincia: San José. Cantón: Escazú. Distrito: San Rafael.
Localidad: Guachipelín

1.2. Descripción general:

El proyecto consiste en una residencia diseñada en el año 1990 para una familia de cuatro miembros, en la cual se propuso lograr una vivienda económica en términos de costos de construcción y, a su vez, confortable para los habitantes, considerando el clima cálido del lugar. Por esta razón se utilizó la mampostería como material primario de construcción y se instituyó el diseño de estrategias pasivas como el uso de monitores y rejillas de ventilación. A nivel de posicionamiento, la casa se abre en las fachadas norte, sur y oeste, por una condición particular del condominio en la cual se localiza (ver imagen 1 y 2). La edificación limita al norte con un edificio de dos niveles, al este con lote sin edificaciones, al sur con una vivienda de dos niveles y al oeste con la calle interna del condominio (ver imagen 3). La casa posee un amplio programa arquitectónico que se cuantifica en un total de 161.37 metros cuadrados: 103.96 metros cuadrados en el primer nivel y 57.41 metros cuadrados en el segundo nivel. En el

Imagen 1 y 2. Foto Aérea del Conjunto y Foto Exterior de la Casa

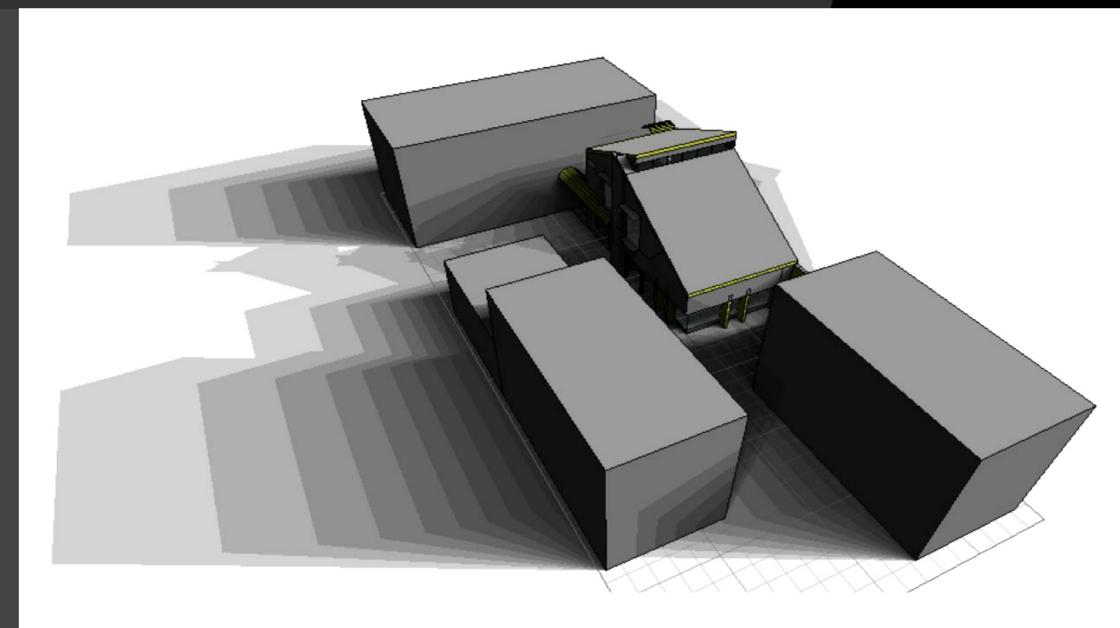


Imagen 3. Perspectiva Suroeste del Conjunto

segundo nivel existe un monitor que fue diseñado en función de los movimientos solares y lunares cuyo objetivo principal es mantener una buena iluminación natural tanto en el día como en la noche y la extracción del aire caliente.

2. CLIMA DEL LUGAR

Los datos climáticos de Guachipelín de Escazú fueron recopilados y comparados desde dos fuentes primarias de información: estación Guachipelín de Escazú, del Instituto Meteorológico Nacional, y la base de datos climatológicos del software Meteororm 5.1. Dicha información fue tabulada e ingresada en diferentes softwares y hojas de cálculo para su respectivo análisis y comparación. Los resultados obtenidos permitieron determinar las condiciones óptimas de confort según el clima estudiado y, finalmente, fueron la base para proposición de pautas y estrategias de diseño bioclimático.

2.1. Factores climáticos de lugar.

Latitud: 10°00' Norte
Longitud: 83°58' Oeste
Altitud: 1728 m.s.n.m.
Relieve: Lomas de pendiente suave¹ (ver imagen 4)

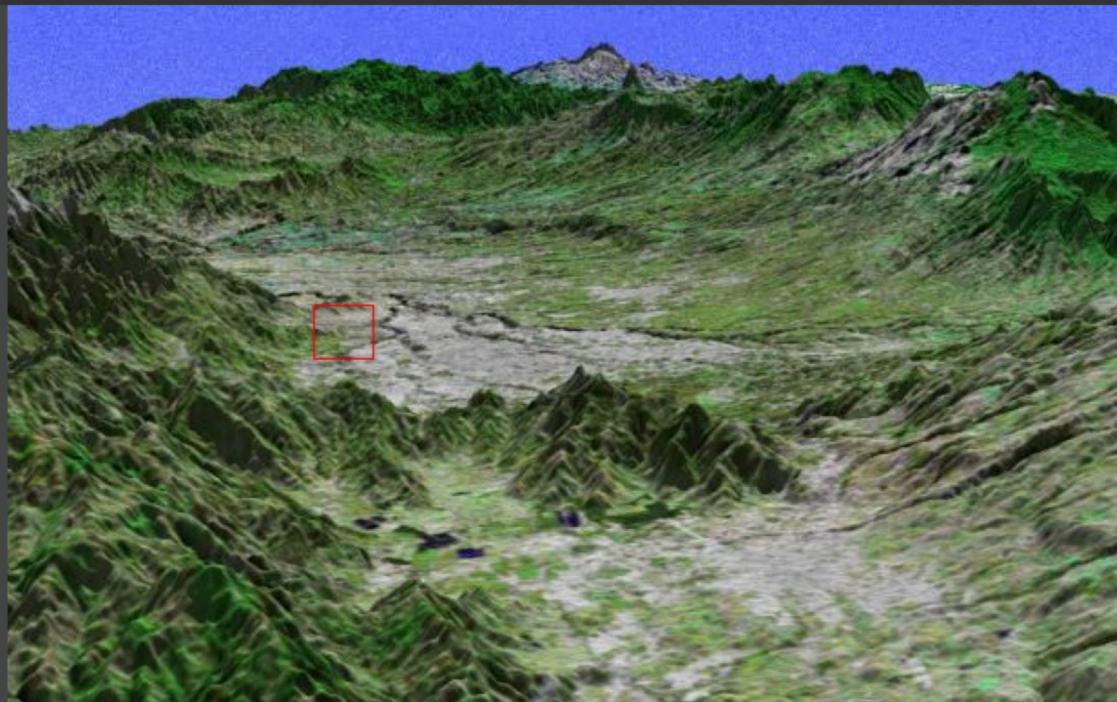


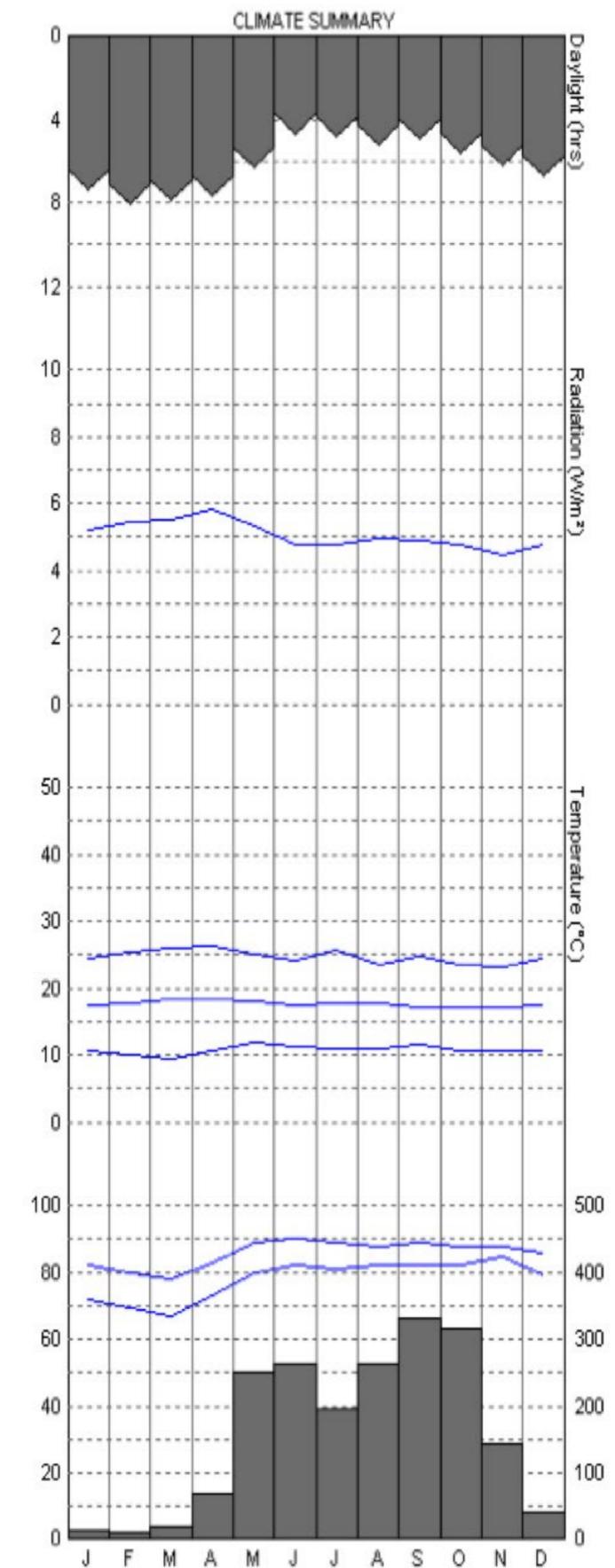
Imagen 4. Imagen tridimensional del Valle Central con indicación de la zona de estudio. Elaborada por la NASA.

2.2. Elementos climáticos.

Con fines de análisis, y comparación, los elementos climáticos estudiados se organizaron en un gráfico compuesto de clima, utilizando la herramienta Weather Tool del software Ecotect 5.6. (ver gráfico 1). A continuación se presenta una síntesis de los datos climáticos anuales utilizando las media aritméticas de los valores Mensuales:

- **Brillo Solar:** Media Mensual = 6.3 h/d.
- **Radiación Solar:** Media Mensual = 74 Kw/m².
- **Temperatura del Aire:**
Media Mensual Máxima = 22.1 oC.
Media Mensual Mínima = 12.8 oC.
- **Humedad Relativa:**
Media Mensual a las 9:00a.m. = 85.83%
Media Mensual a las 3:00p.m. = 77.83%
- **Precipitación:** Media Mensual = 84.91mm

Gráfico 1. Gráfico Compuesto del clima de Guachipelín elaborado con Weather Tool.

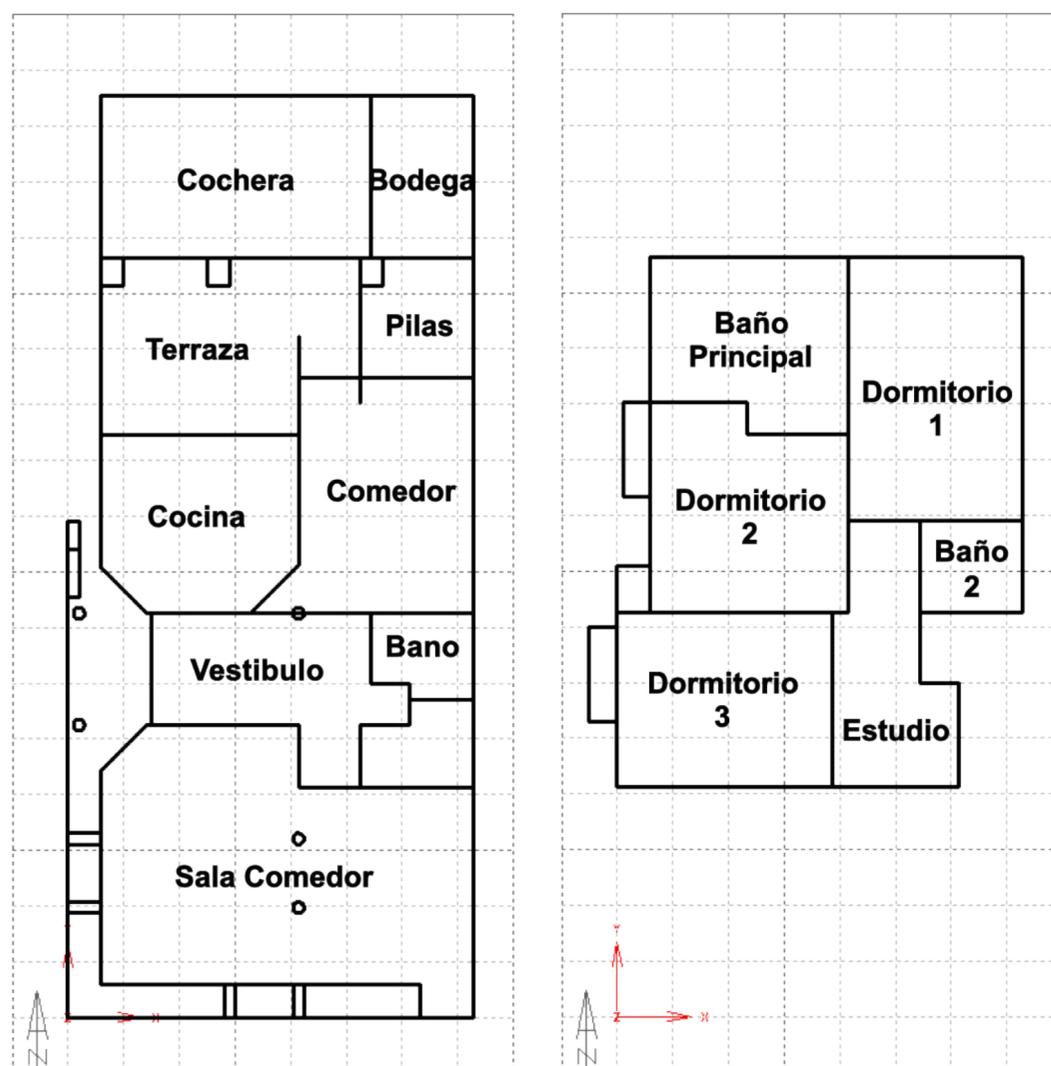


3. ARQUITECTURA DEL EDIFICIO

3.1. Tipo de edificio y necesidades.

El proyecto en estudio es de uso habitacional y cuenta, en el primer nivel, con un vestíbulo, sala de estar, comedor, baño, antecomedor, cocina, cuarto de pilas, terraza, bodega, estacionamiento (ver imagen 5) y, en el segundo nivel se ubica un estudio, tres habitaciones y dos baños. (ver imagen 6).

Imagen 5 y 6. Esquema de Plantas Nivel 1 a la izquierda y Nivel 2 a la derecha.



3.2. Morfología y configuración del edificio.

La vivienda posee una planta rectangular en la cual los bloques se disponen a lo largo del eje norte - sur, siendo las fachadas Oeste y Sur las que poseen la mayor cantidad de aperturas hacia el exterior. La fachada frontal del edificio dibuja, por medio de las pendientes de las cubiertas, dos diagonales opuestas que jerarquizan la geometría triangular de la vista frontal.

3.3. Usuarios y ocupación.

En la casa reside una familia de cuatro personas con ocupaciones y actividades diversas:

- Hombre de 50 años, Arquitecto, 1.68m.
- Mujer de 50 años; Diseñadora de Modas, 1.69m.
- Muchacho de 27 años, Instructor Físico, 1.81m.
- Muchacha de 22 años, Dentista, 1.65 m.

3.4. Niveles Medios de Actividad.

Los niveles de actividad de los ocupantes influyen en la determinación de los niveles de confort térmico del edificio y dependen de la parte del cuerpo empleada, la posición estática y el desplazamiento de las personas².

- **Hombre de 50 años:**
30 (manos), 10 (sentado), 110 (horizontal).
- **Mujer de 50 años:**
85 (2 brazos), 10 (sentado), 110 (horizontal).
- **Muchacho de 27 años:**
190 (cuerpo), 25 (de pie), 140 (Con carga).
- **Muchacha de 22 años:**
30 (manos), 10 (sentado), 110 (horizontal).

3.5. Ocupación de los espacios.

Los espacios de mayor ocupación de la casa son aquellos de orden público y semipúblico ubicados en el primer nivel. Representan un 37.9% del área total de la casa y corresponden a los espacios con mayores necesidades de confort debido al número de ocupantes involucrados. Por otra parte, los espacios de menor ocupación y con carácter íntimo totalizan un 26.7% del área total (ver imagen 7).

4. DIAGNÓSTICO DEL CONFORT TÉRMICO

El estudio del confort para Guachipelín de Escazú se elaboró mediante la determinación de los períodos críticos de confort, definidos como aquellos lapsos de tiempo en los cuales las condiciones ambientales producen sensaciones de calor o frío que afectan el bienestar físico de las personas. Para ello se aplicaron dos herramientas diferentes y complementarias a su vez: Weather Tool de Ecotect 5.6 y la Hoja Electrónica. El diagnóstico del confort térmico del lugar se elaboró tomando en consideración los siguientes parámetros:

- Parámetros Físico - Ambientales:
Temperatura, Humedad y Movimiento del Aire.
- Parámetros Circunstanciales:
Actividad y Arropamiento.
- Parámetros Fisiológicos:
Masa corporal y Sexo.

4.1. Determinación de los meses críticos.

Por un lado, la herramienta Weather Tool de Ecotect 5.6 nos muestra “una guía rápida para identificar momentos críticos anuales y problemas comunes mediante una sensibilidad de las variaciones anuales de temperatura”³ donde la banda verde representa la zona de confort adaptativo y la roja las variaciones de

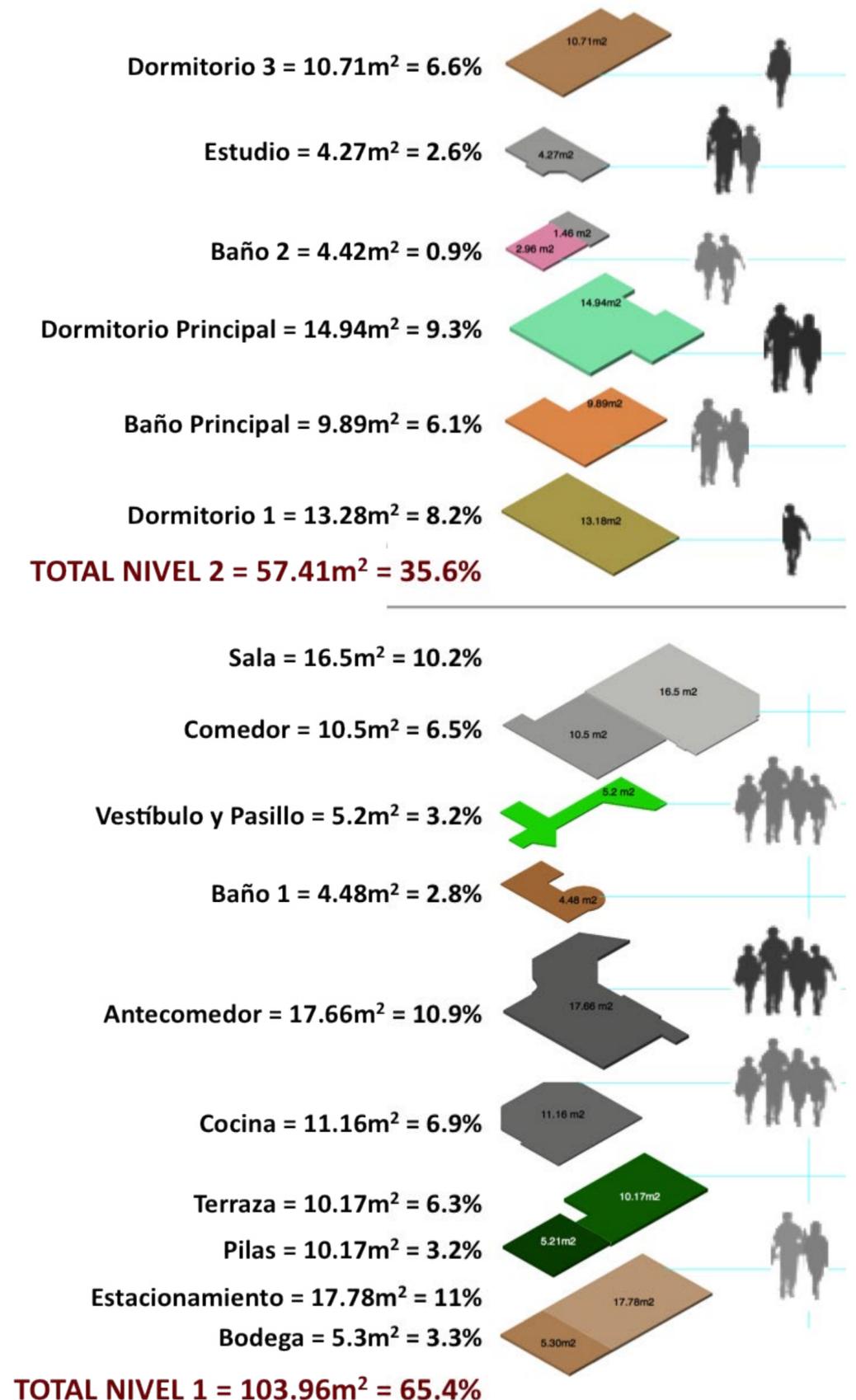


Imagen 7. Esquema resumen de la ocupación de la vivienda por áreas, porcentajes de áreas y usuarios participantes.

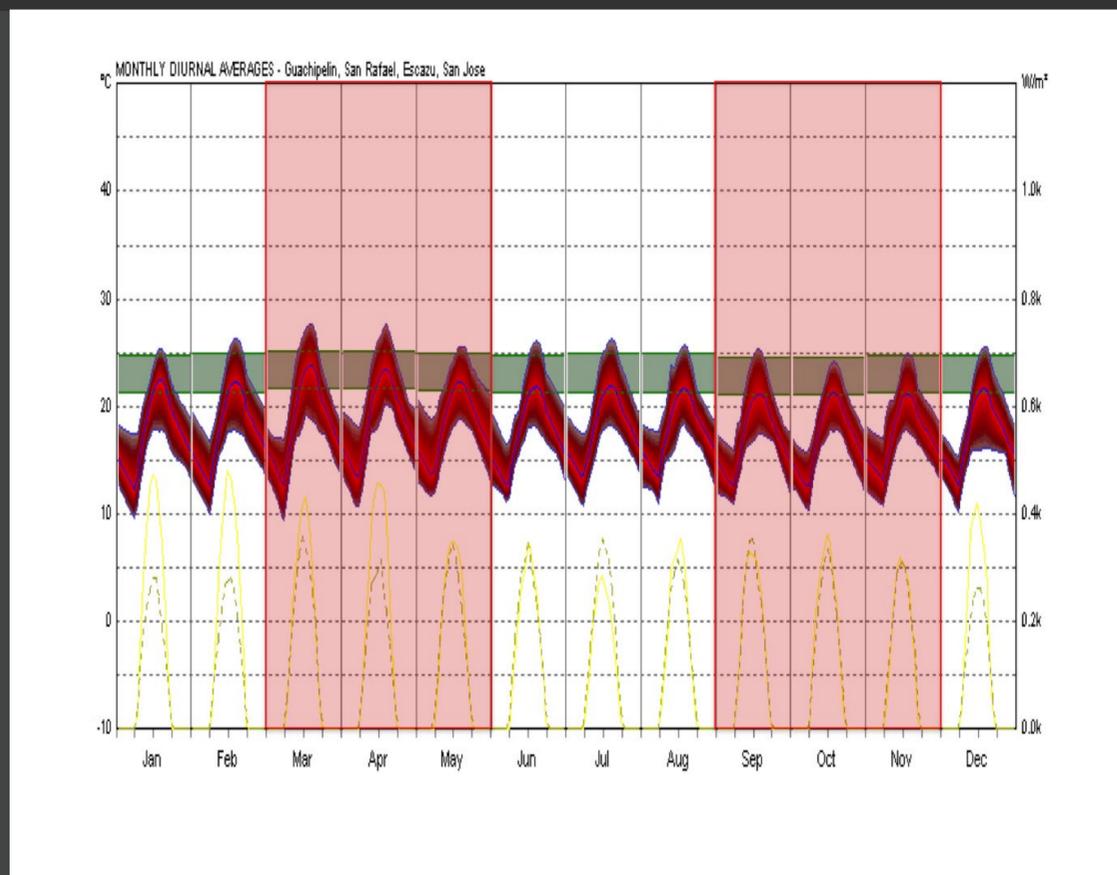


Gráfico 2. Gráfico que muestra la zona de confort adaptativo y las variaciones anuales de temperatura. Elaborado en Weather Tool.

temperatura del aire (gráfico 2). De esta manera se identifican los meses críticos del año:

- Marzo
- Abril
- Mayo
- Septiembre
- Octubre
- Noviembre

4.2. Determinación de los períodos críticos.

El gráfico de isopletas por temperatura es una herramienta útil para el análisis y comparación de los datos que se empleó con el fin de determinar el rango de horas de cada mes, en el cual las condiciones ambientales de temperatura son desfavorables para el confort térmico y en los cuales es necesario el uso de

estrategias pasivas para alcanzar los niveles óptimos de confort térmico. Este gráfico muestra, en color rojo y naranja, los períodos con calor excesivo, y en gris y blanco respectivamente, los períodos de bienestar (ver gráfico 3).

• Períodos con mayor sensación de calor:

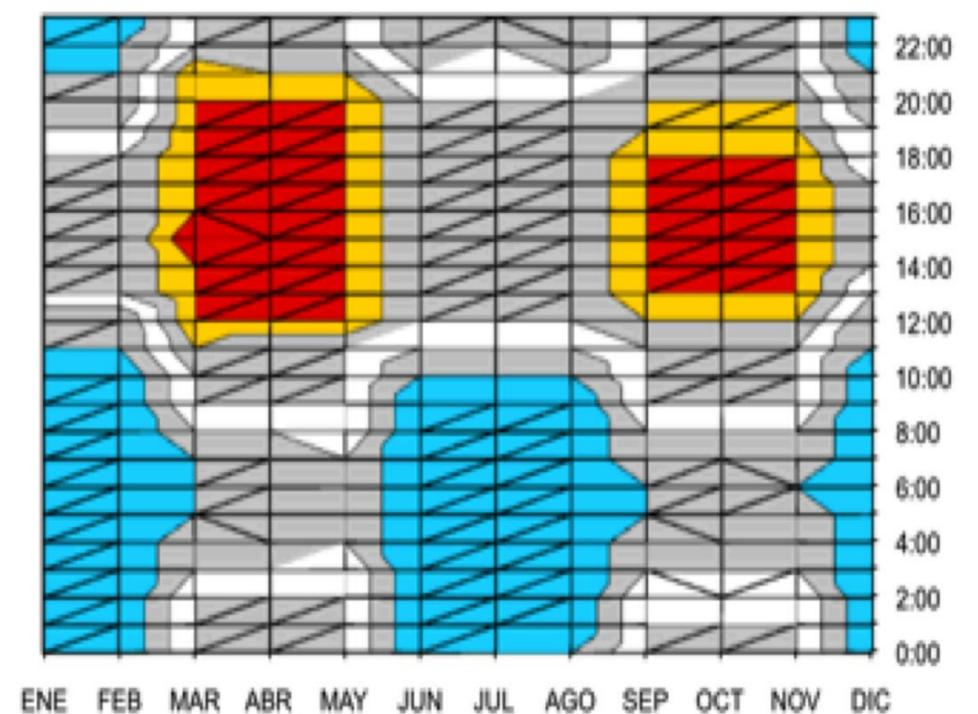
Marzo, abril y mayo:

De 12:00m.d. a 8:00p.m.

Septiembre, octubre y noviembre:

De 1:00p.m. a 6:00p.m.

Gráfico 3. Gráfico de Isopletas por Temperaturas elaborado con la Hoja Electrónica CBA.



SIMBOLOGIA

- CALOR EXCESIVO
- NECESIDAD DE VENTILACION
- NECESIDAD DE CARGAS TERMICAS
- BIENESTAR 20% INSATISFECHOS
- BIENESTAR 10% INSATISFECHOS

- **Periodos con mayor sensación de frío:**

Enero y febrero:

De 12:00m.n. a 11:00a.m.

De 9:00p.m. A 11:00p.m.

Junio, julio, agosto:

De 12:00m.n. a 10:00a.m.

Diciembre:

De 12:00m.n. a 11:00a.m.

De 9:00p.m. A 11:00p.m.

4.3. Conclusiones y recomendaciones.

Las estrategias para el alcanzar el confort en el edificio son aplicables exclusivamente para los períodos críticos determinados anteriormente. Para ello se complementó el análisis con el Ábaco Psicométrico que, además de tomar en cuenta la temperatura, considera la humedad del aire (ver grafico 4). Las estrategias pasivas consisten básicamente en tres:

- **Aplicación de la Ventilación Natural:**

Se aplica con el objetivo de regular la temperatura del cuerpo, disminuyendo así la sensación de calor producida por la temperatura y la humedad⁴ en los períodos clasificados como períodos con mayor sensación de calor.

- **Aplicación del calentamiento solar pasivo mediante el aprovechamiento de las Cargas Térmicas :**

Se aplica en los períodos denominados como períodos con mayor sensación de frío con el objetivo de aumentar la temperatura ambiental y corporal mediante el aporte de energía calórica del ambiente al cuerpo.

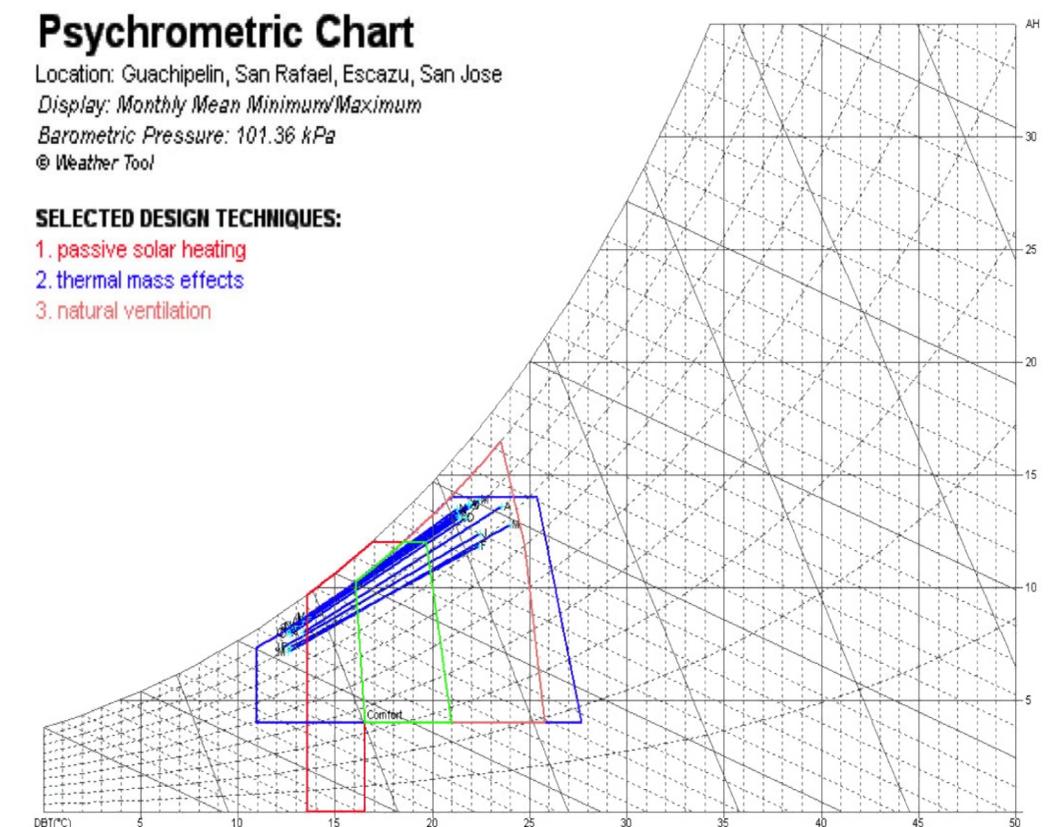
- **Efectos de la Masa Térmica:**

Una tercera estrategia puede ser aplicada, tanto en los períodos con mayor sensación de calor, como en aquellos con una mayor sensación de frío. Es la masa térmica que es la capacidad potencial de un material para almacenar calor. Usar materiales con masas térmicas altas permitiría retener el calor en los periodos del día con mayor sensación de calor, y el calor retenido por estos materiales se liberaría en la noche para mitigar las condiciones ambientales en los períodos con mayor sensación de frío.

5. DIANÓSTICO DEL SOLEAMIENTO DEL EDIFICIO.

El estudio de la posición del sol, o geometría solar, en Guachipelín se elaboró en el software Ecotect 5.6, ingresando los datos climáticos horarios generados por

Gráfico 4. Ábaco Psicométrico según clima de Guachipelín elaborado en Weather Tool de Ecotect 5.6.



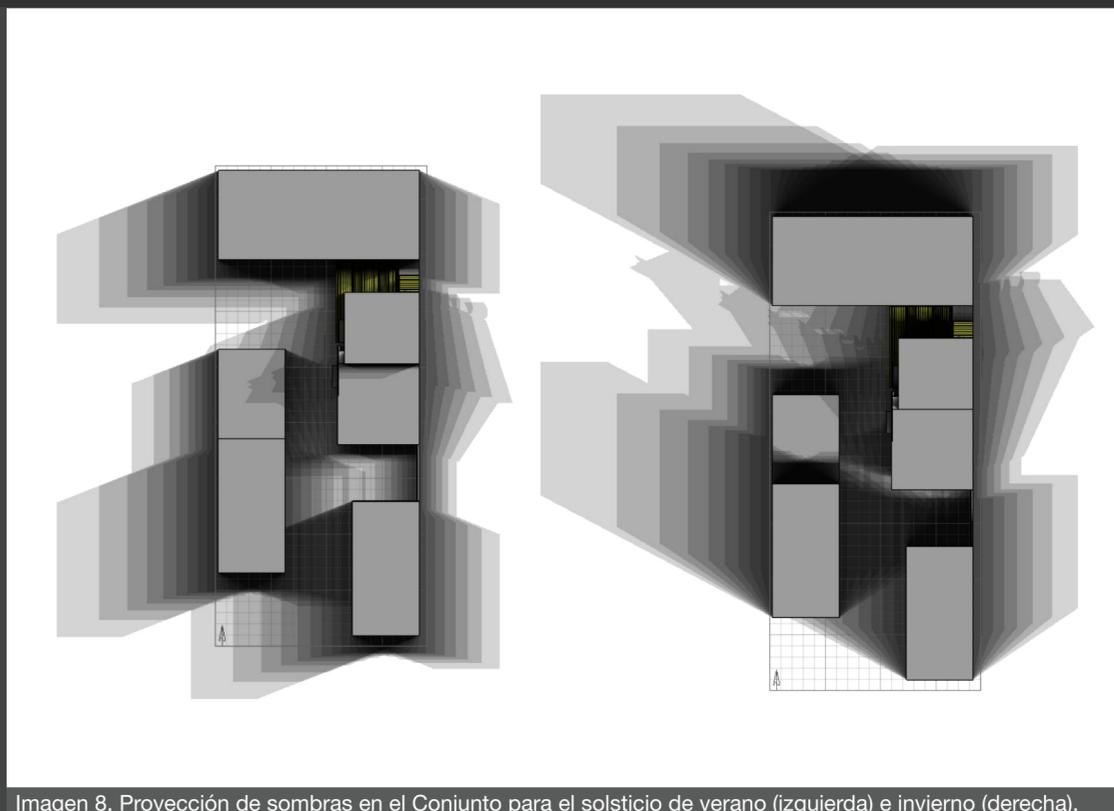


Imagen 8. Proyección de sombras en el Conjunto para el solsticio de verano (izquierda) e invierno (derecha).

la base de información meteorológica de Meteonorm 5. Bajo este procedimiento se logró calcular información relevante, tales como los factores de sombra y los niveles de radiación solar en cada fachada del edificio.

5.1. Soleamiento general del conjunto.

En términos generales

5.2. Soleamiento del edificio.

Los resultados del análisis del soleamiento en el edificio se resumen en la matriz de resumen (ver gráfico 5) la cual indica que la fachada con mayor radiación y con menor factores de sombra es la este al no poseer ningún tipo de protección solar, situación que genera el calentamiento de los espacios adyacentes a este muro sin aperturas. En fachadas como la norte y la oeste disminuyen los niveles de radiación solar por la presencia de cubiertas que protegen las aperturas, tal es el caso de la cubierta que protege la apertura del dormitorio 1 en el segundo nivel y las cubiertas de 80 cm. que se ubican sobre las aperturas de la terrazas en el dormitorio 2 y 3.

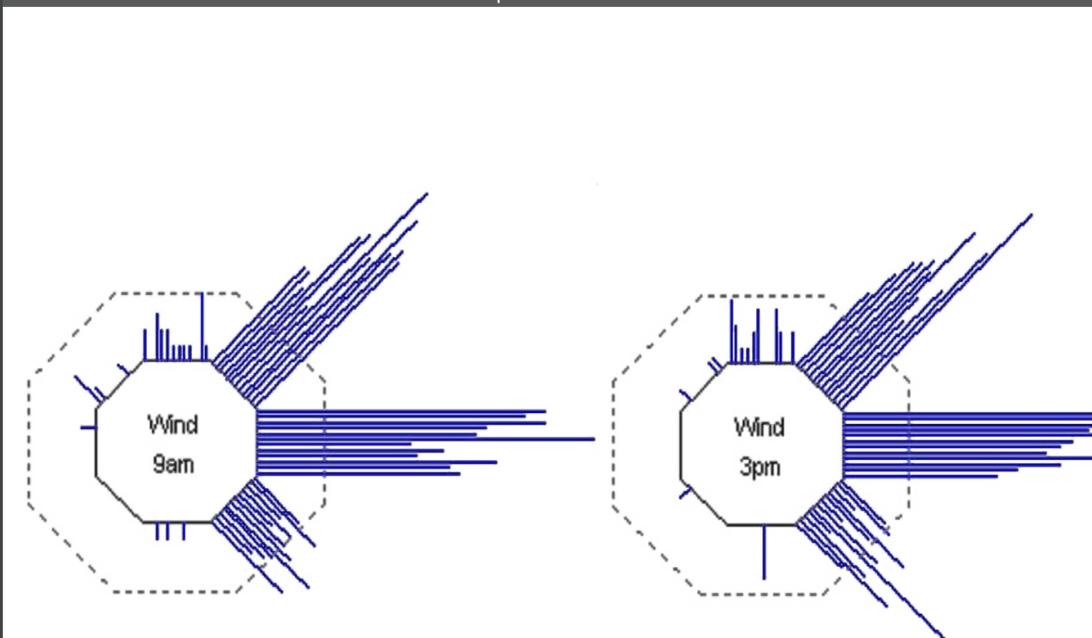
5.3. Conclusiones y recomendaciones.

En términos de soleamiento, es necesario proveer una mayor protección de las aperturas del edificio ya en ciertas horas del día, cuando la radiación solar es alta y el sol ingresa a los espacios del interiores de la casa. Por ejemplo, en las mañanas los rayos solares que ingresan a la sala - comedor, mayormente en el solsticio de verano, o bien, en las horas de la tarde cuando el sol ingresa a espacios como la cocina, el dormitorio 1 y el dormitorio 2, generando un calentamiento del espacio interno que se mantiene hasta la noche. Por esta razón se recomienda la utilización de protectores verticales que mitiguen la radiación incidente.

6. DIAGNÓSTICO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

El diagnóstico de la ventilación natural parte de un análisis del comportamiento de los vientos predominantes en el conjunto (ver gráfico 5), debido a que la disposición y la altura de los edificios circundantes al proyecto influyen sobre la dirección y velocidad de los flujos de aire que ingresan al espacio interior.

Gráfico 5. Gráficos de la dirección de los vientos predominantes. Elaborado en Weather Tool.



ANALISIS COMPARATIVO DEL SOLEAMIENTO EN EL EDIFICIO

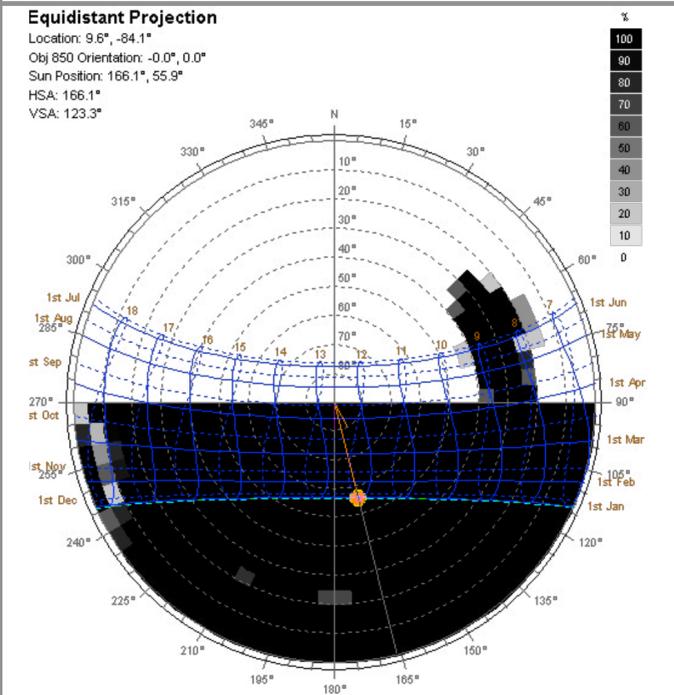
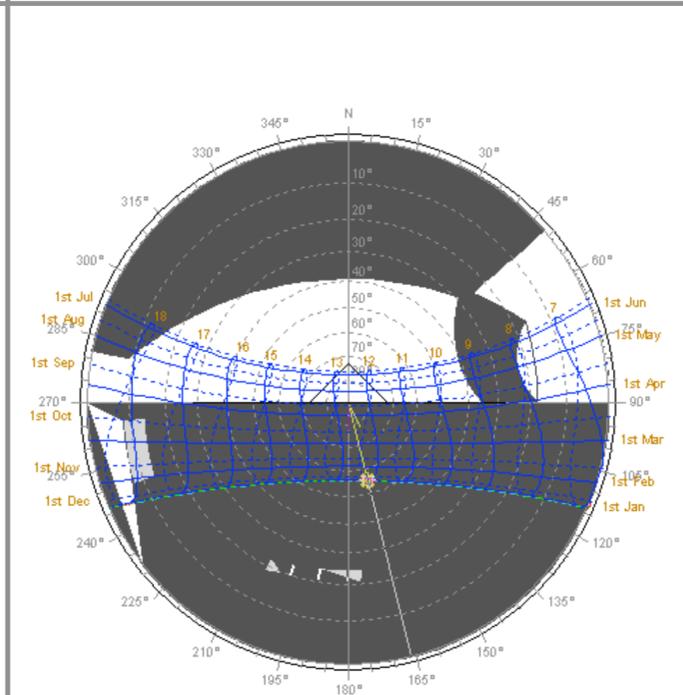
FACHADA

CARTA SOLAR

FACTORES DE SOMBRA

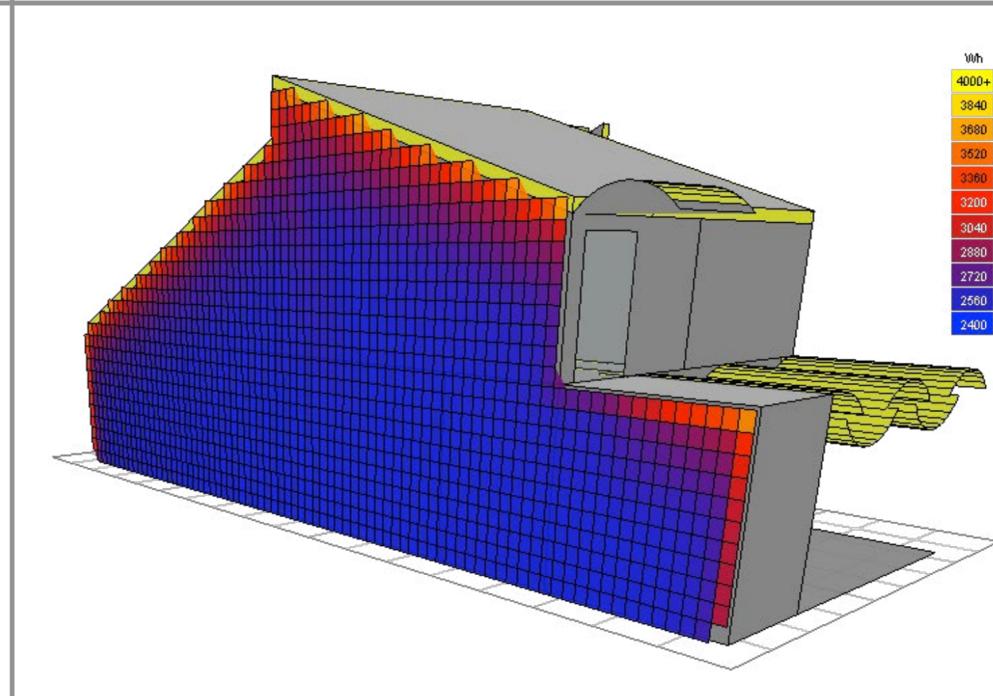
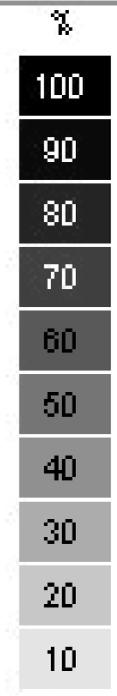
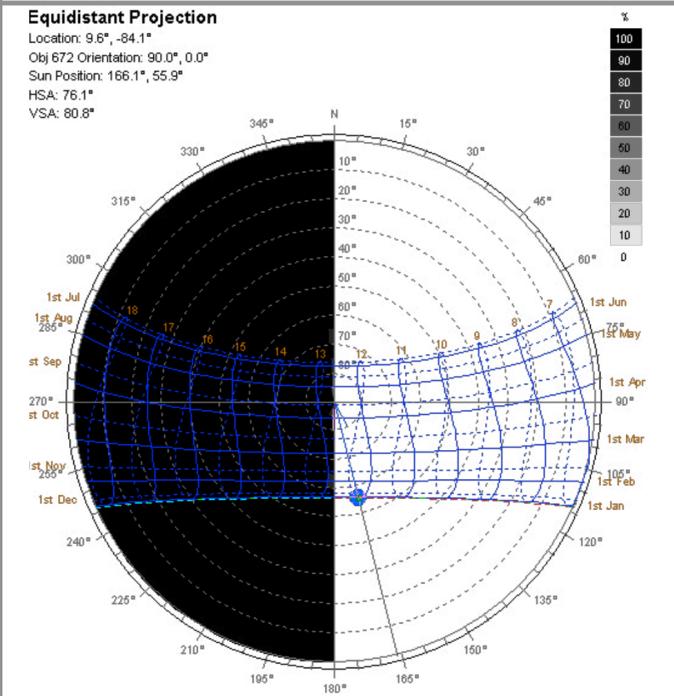
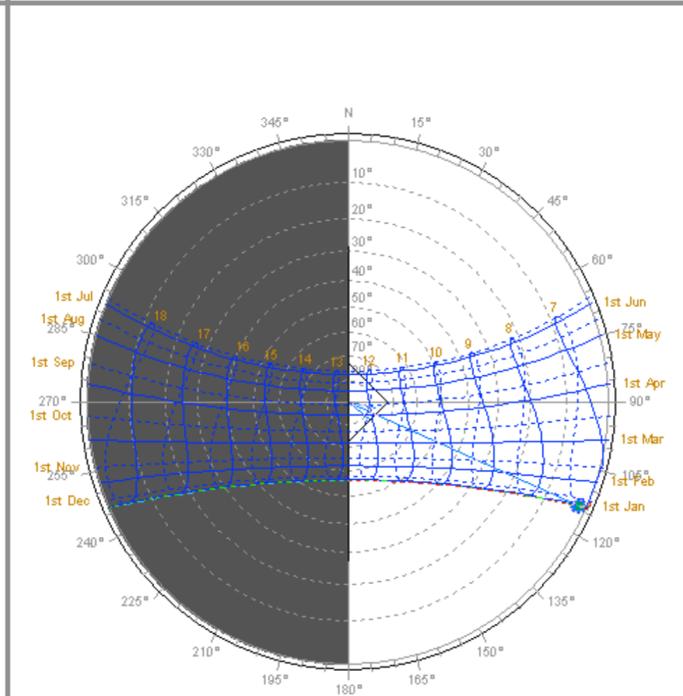
RADIACION SOLAR

Norte



400-3200 Wh

Este



2400-4000 Wh

ANALISIS COMPARATIVO DEL SOLEAMIENTO EN EL EDIFICIO

FACHADA	CARTA SOLAR	FACTORES DE SOMBRA	RADIACION SOLAR	
Sur		<p>Equidistant Projection Location: 9.6°, -84.1° Obj 1 Orientation: -0.0°, 0.0° Sun Position: 166.1°, 55.9° HSA: 168.1° VSA: 123.3°</p>		400-2100 Wh
Oeste 1		<p>Equidistant Projection Location: 9.6°, -84.1° Obj 588 Orientation: 90.0°, 0.0° Sun Position: 166.1°, 55.9° HSA: 76.1° VSA: 80.8°</p>		400-2400 Wh
Oeste 2		<p>Equidistant Projection Location: 9.6°, -84.1° Obj 643 Orientation: 90.0°, 0.0° Sun Position: 166.1°, 55.9° HSA: 76.1° VSA: 80.8°</p>		400-2800 Wh

6.1. Comportamiento general de los vientos

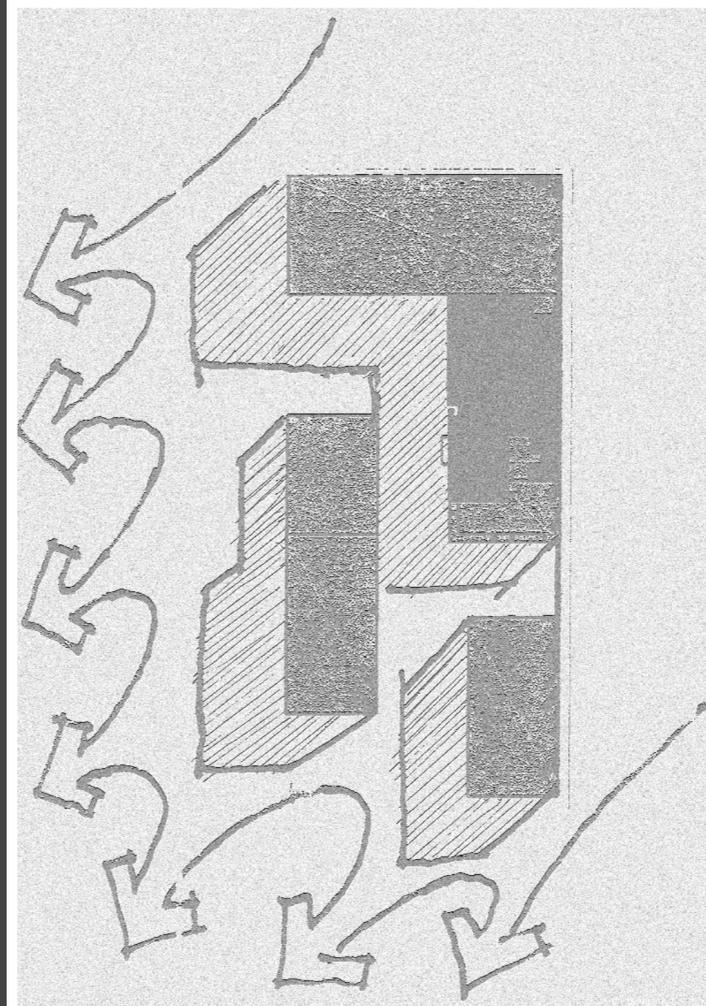
Los vientos predominantes de Guachipelín de Escazú golpean los edificios del conjunto en las fachadas norte y este (fachadas a barlovento), situación que genera la proyección de sombras de viento con longitudes que van desde los 12 hasta los 18 metros de longitud, para los edificios con dos niveles, y de 6 a 9 metros para los edificios con un solo nivel (ver imagen 9).

El agrupamiento resultante de la cercanía de los edificios produce que los vientos predominantes del sureste y este cambien a una dirección opuesta, como producto de la colisión con las fachadas de los edificios, permitiendo de esa manera que los flujos de aire puedan ingresar al espacio interior a través de las aperturas ubicadas en las fachadas sur y oeste del edificio.

6.2. Diagnóstico de la ventilación interior.

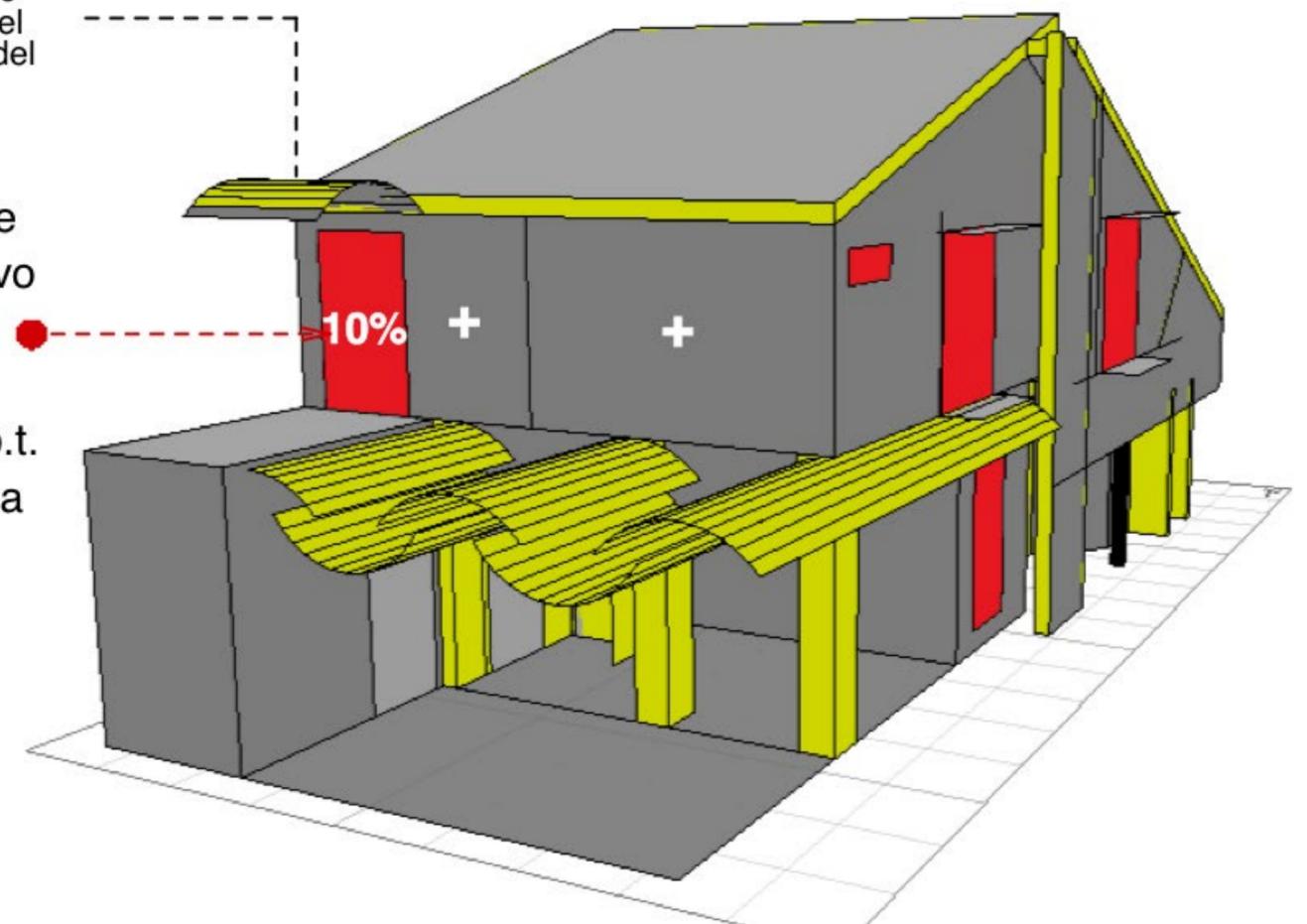
- **Fachada Norte:** En la fachada norte existe una puerta corrediza en el segundo nivel lado este (ver imagen 10) mediante la cual ingresan de forma directa los vientos provenientes del noreste, situación que favorece una buena ventilación unilateral del dormitorio 1. (ver imagen 11).
- **Fachada Este:** La fachada este no posee aperturas por ser la colindancia con el lote vecino por lo cual los vientos predominantes son absorbidos casi en su totalidad por este muro. Esta situación impide la ventilación de varios espacios que se ubican en nivel 1 como el baño, el antecomedor, el cuarto de pilas y la

Imagen 9 y 10. Comportamiento de los vientos en el conjunto y Análisis de aperturas en la Fachada Norte.



Cubierta funciona como Aleta para direccionar el Viento hacia el interior del Espacio

Orientacion: Norte
 Disposicion: Positivo
 Tipo: Unilateral
 Tamano: 10%
 Altura: 0.00m s.n.p.t.
 Detalles: Corrediza



bodega. (ver imagen 12).

- **Fachada Sur:** En la fachada sur existen ventanas de vidrio fijo en el primer nivel del edificio (ver imagen 13), las cuales poseen una serie de rejillas de ventilación en la parte superior de las mismas por las que ingresan los vientos del este. Estas permiten una ventilación cruzada del espacio sala - comedor porque el viento puede salir a través de otro juego de rejillas que se ubican en la fachada oeste (ver imagen 11). En el segundo nivel, el dormitorio 2 y el baño 2 son bien ventilados, gracias a la extracción del aire caliente través de un monitor.
- **Fachada Oeste:** La mayoría de las aperturas del edificio se ubican en la fachada oeste, tanto en el primer nivel como en el segundo (ver imagen 14), sin embargo, los vientos ingresan a través de ellas de una manera indirecta por

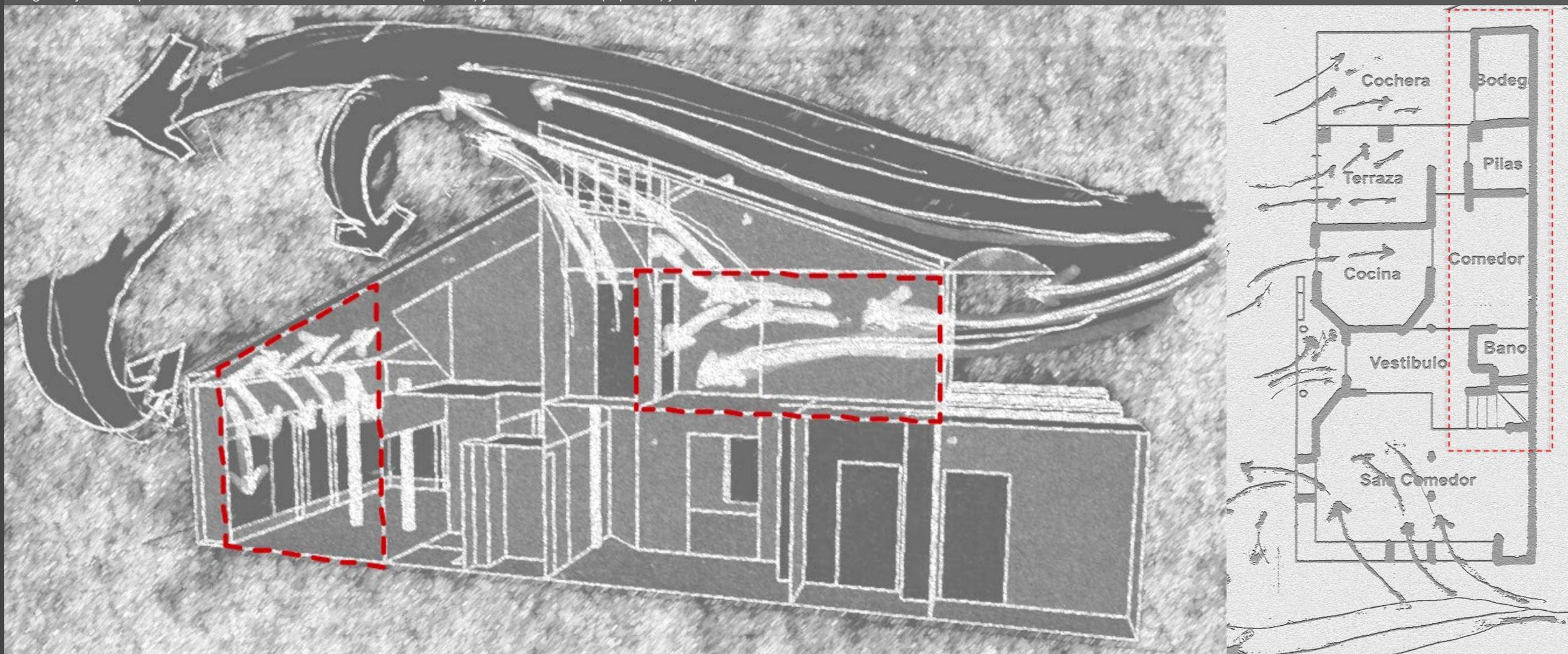
el cambio de dirección de los vientos predominantes del noreste al colisionar con los edificios ubicados al oeste. A través de estas aperturas se logra ventilar la sala - comedor, la cocina, el baño principal, el dormitorio 2 y el dormitorio 3.

6.3. Conclusiones y recomendaciones.

Se determinó que los espacios mejor ventilados corresponden a los siguientes:

- **Sala - Comedor:** Por el uso de rejillas de ventilación que facilitan la ventilación cruzada del espacio.
- **Dormitorio 1:** Por la disposición de una apertura que recibe de manera directa los vientos son flujos predominantes.

Imagen 11y 12. Comportamiento de los Vientos en el Dormitorio 1 (derecha) y la Sala-Comedor (izquierda) y Espacios no ventilados en el Nivel 1.



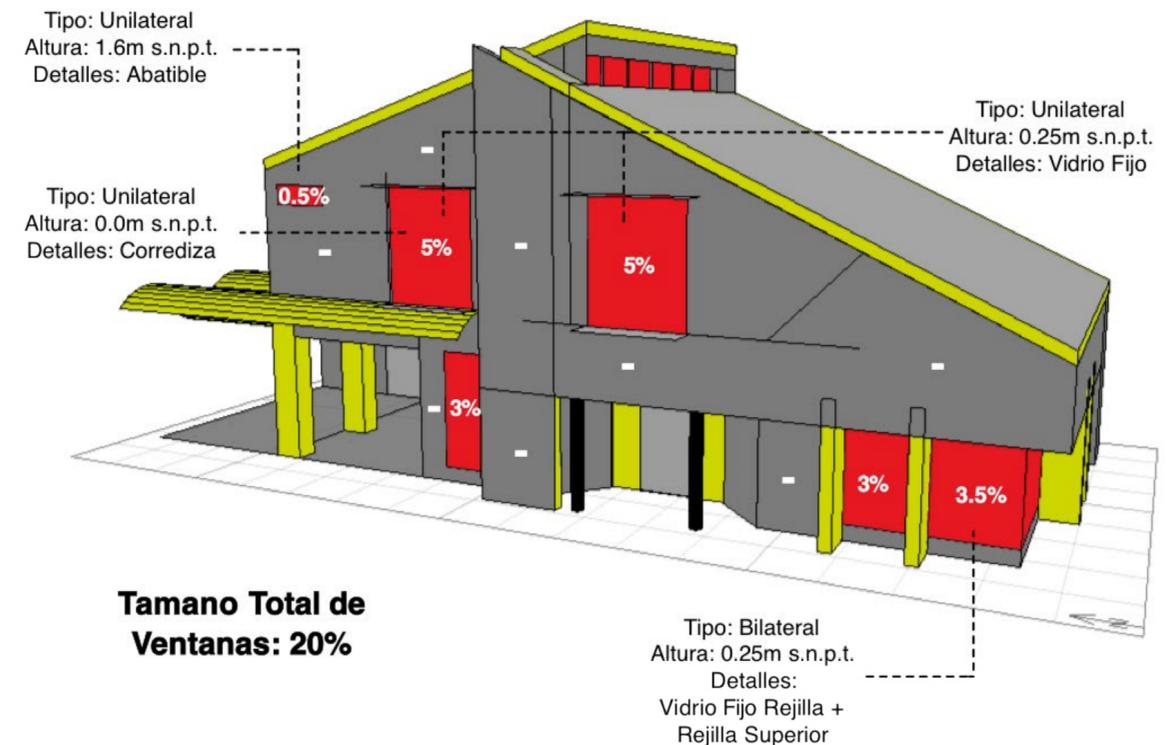
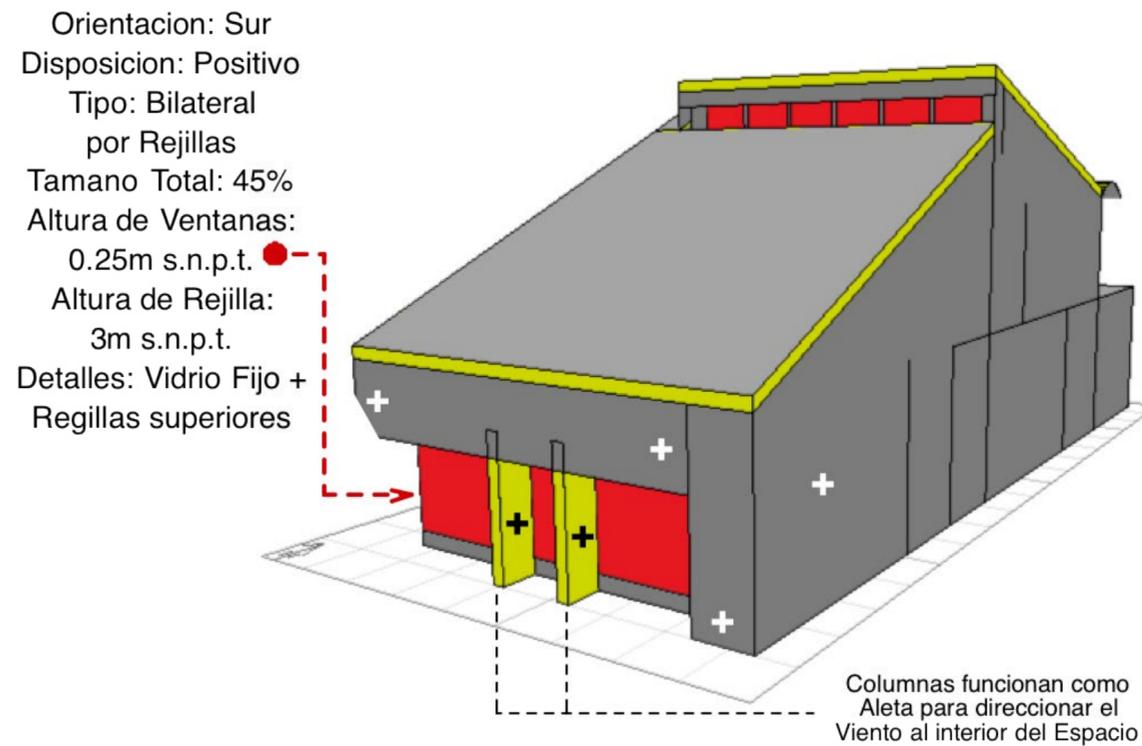
- **Dormitorio 3:** Por la presencia de un monitor en la cubierta que extrae el aire caliente ascendente y por una apertura en la fachada oeste que permite la ventilación indirecta.

Para los espacios que requieren una mejor ventilación, tales como el antecomedor, el baño 1, el cuarto de pilas y la bodega, donde hay ausencia de aperturas, se recomienda la aplicación de estrategias como el uso de ductos de ventilación en las que permitan el ingreso de aire fresco a través de la cubierta. Con el fin de mejorar el rendimiento de la ventilación de espacios con aperturas fijas se puede aplicar una estrategia ya presente en el proyecto como el uso de rejillas de ventilación.

7. REFERENCIAS.

- [1] www.guiascostarica.com (consultado el 25 de noviembre del 2010).
- [2] Ruiz, Pedro (2007). Hoja electrónica Climograma de Bienestar Adaptado basada en los climogramas de Víctor Olgay y Baruch Givoni. www.educaplus.org (consultado el 25 de Noviembre del 2010).
- [3] Smith, Michael (2010). Exposición Clima y Confort. Escuela de Arquitectura, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- [4] Serra, Rafael (1989). Arquitectura y Climas. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España.

Imagen 13 y 14. Análisis de aperturas en la Fachada Sur (Izquierda) y Análisis de aperturas en la Fachada Oeste (Derecha).





ARQ. EDUARDO BERTHEAU OROS

Licenciado en Arquitectura, Universidad de Costa Rica.

Magister en Arquitectura Tropical, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

Profesor director y fundador del taller de Salida Diseño Ambiental 9 y 10 en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Costa Rica.

edbertheau@gmail.com

ESTA PUBLICACION FORMA PARTE DE:
THIS ARTICLE IS PART OF:

REVISTARQUIS

REVISTA DE LA ESCUELA DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.
VOL 1-2014. NUMERO 5. ISSN 2215-275X

