



# Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar "El alcázar"

*Evaluation of the envelope in relation to indoor and outdoor air associated with health, case study: Multifamily project "el alcazar"*

Gustavo Salazar Achata, Yony Mayhua Escobar, Susana Dávila Fernández.  
Facultad de Ingeniería Universidad Ricardo Palma.

RECIBIDO: 19 de diciembre

ACEPTADO: 15 de mayo

## RESUMEN

La contaminación del aire y el cambio climático son las mayores amenazas que vienen afectando la salud humana en todo el mundo. El presente artículo tiene como objetivo determinar de qué manera se puede mejorar la envolvente de un edificio en relación al aire interior y exterior con la finalidad de que, los propietarios puedan gozar de una mejor salud, bienestar y comodidad. La metodología es de nivel descriptivo comparativo, citando estudios de cómo mejorar la envolvente de un edificio multifamiliar. Algunas de las consideraciones son, la orientación, los materiales de construcción y alternativas de ventilación mecánica. Los métodos y teorías fueron aplicados a un caso de estudio específico, el proyecto multifamiliar "El Alcazar" el cual se encuentra ubicado en el distrito de Santiago de Surco. Los resultados indican que los departamentos con menor incidencia solar son los del triplex 01, siendo el más crítico el piso 2 con el 12.28% de su área total. Además, que la proliferación del moho está directamente ligado a la incidencia solar, afectando a las cocinas, baños e ingresos al ser los espacios más cerrados. Los departamentos al tener colores interiores blancos y tonos claro, favorece a la captación de la luz natural. Finalmente, será necesaria la instalación de ventilación mecánica los en los primeros pisos de los departamentos triplex 01 y 07.

**Palabras Clave:** Envolvente, Edificaciones, Multifamiliares, Calidad del aire interior, Calidad del aire exterior, Salud.

## Como citar

G. Salazar Achata, Y. Mayhua Escobar, y S. Dávila Fernández, «Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar "El alcázar"»; *Perfiles\_Ingenieria*, vol. 19, n.º 19, pp. 67–90. jun. 2023.

## ABSTRACT

Air pollution and climate change are the biggest threats affecting human health around the world. This article aims to determine how the envelope of a building can be improved in relation to indoor and outdoor air so that the owners can enjoy better health, well-being and comfort. The methodology is comparative descriptive level, citing studies on how to improve the envelope of a multi-family building. Some of the considerations are orientation, construction materials, and mechanical ventilation alternatives. The methods and theories were applied to a specific case study, the multifamily project "El Alcazar" which is located in the district of Santiago de Surco. The results indicate that the departments with the lowest solar incidence are those of triplex 01, the most critical being floor 2 with 12.28% of its total area. In addition, the proliferation of mold is directly linked to solar incidence, affecting kitchens, bathrooms and entrances as they are the most closed spaces. The apartments, having white interior colors and light tones, favor the capture of natural light. Finally, it will be necessary to install mechanical ventilation on the first floors of triplex apartments 01 and 07.

**Keywords:** Envelope, Buildings, Multifamily building, Indoor air quality, Outdoor air quality, Health.

Este artículo está publicado bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. (CC-BY 4.0)



## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire y el cambio climático son las mayores amenazas que vienen afectando la salud humana en todo el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2021, mediante un comunicado de prensa, da a conocer que las nuevas Directrices mundiales de la (OMS) han demostrado que la contaminación del aire causa daños en la salud humana en concentraciones más bajas de lo que se tiene estimado [1]. Se estima que 7 millones de personas mueren prematuramente cada año por la problemática de la contaminación del aire, además, de generar enfermedades y complicaciones en la salud. Sobre todo, a una población vulnerable que está conformada por personas con enfermedades crónicas como el asma, cardiopatías, entre otras; así como, los adultos mayores, niños y mujeres en gestación. [2] Según la (OMS) en el año 2019, más del 90% de la población mundial vive en zonas que superan los límites de los niveles de contaminación del aire dados por la misma organización. [1] Quedando en evidencia que, estamos frente a un serio problema y que es necesario tomar medidas para mitigar los niveles de contaminación del aire.

En un informe publicado por la ONU en el año 2021 [3], en el cual se explica cómo pueden contribuir los edificios a los objetivos del desarrollo sostenible, resaltamos el ODS 3 Salud y Bienestar, el cual tiene como objetivo, garantizar que todos los seres humanos disfruten de una vida saludable. En el ODS 3 relacionado a construcciones sostenibles, se menciona la importancia de realizar evaluaciones sistemáticas en la planificación para así poder identificar posibles impactos negativos en la población, seleccionando métodos y diseños de construcción que fomenten el bienestar y salud de las personas. Algunas de las estadísticas alarmantes que nos revela el informe de la ONU es que, se estima que el aire contaminado mata a más personas en el mundo que el agua contaminada y las enfermedades tropicales, además, que pasamos el 90% del tiempo en espacios interiores.

Frente a esta importante problemática que viene atravesando el mundo, el presente artículo se centrará en buscar diferentes alternativas que nos permitan mostrar de qué manera se puede mejorar la envolvente de un edificio en relación al aire interior y exterior. De tal manera que, los propietarios puedan gozar de una mejor salud en su estancia, promoviendo además su bienestar, paz y tranquilidad. La envolvente de edificio es la primera capa de defensa del ambiente interior que la protege del ambiente exterior y está conformada tanto por elementos horizontales como verticales [4]. Sus principales funciones

y características son, proporcionar seguridad y refugio, encerrar los espacios acondicionados y transferir la energía térmica hacia o desde el interior. Además, ayuda a la comodidad y seguridad interna como la captación de la luz del día, la temperatura, la energía solar, la acústica, la resistencia al fuego, la calidad del aire interior, el control de la humedad, entre otros. [5]

La calidad del aire interior está definida por la presencia de contaminantes y las condiciones de humedad en el ambiente interior que puedan afectar negativamente la salud, comodidad y el rendimiento de los ocupantes del edificio [6]. Según la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. [7], la calidad del aire, es uno de los criterios esenciales para evaluar la calidad de un edificio. Varios estudios han demostrado que los niveles de dióxido de carbono se elevan por la cantidad de personas presentes en una habitación, por las actividades físicas y la combustión de combustibles sólidos [8].

La norma técnica EM.030 Instalaciones de Ventilación del Reglamento Nacional de Edificaciones [9] define al aire exterior asociado a una edificación como el aire alrededor de la vivienda que entra, mediante aberturas intencionales, como ventilación natural y/o ventilación mecánica. La ventilación natural es a través de ventanas y puertas abiertas. La infiltración es un proceso por el cual el aire exterior fluye hacia la casa a través de aberturas, juntas y grietas en paredes, pisos y techos, y alrededor de ventanas y puertas. Mientras que, la ventilación mecánica toma el aire exterior asociadas con el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado [10].

En el artículo 6 de la norma técnica EM.030 [9], se muestra como determinar la Tasa Mínima de Ventilación ( $V_{bz}$ ), la cual está expresada en unidades de volumen por unidad de tiempo y se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$V_{bz} = R_p \times P_z + R_a \times A_z$$

Donde:

- $V_{bz}$  es el caudal de aire exterior (l/s),
- $R_p$  es el caudal de aire exterior requerido por persona (l/s), según valores de Tabla 1,
- $R_a$  es el caudal de aire exterior requerido por unidad de superficie (m<sup>2</sup>), según valores de Tabla 1,
- $P_z$  es el número de personas en la zona ventilada en horario de uso, según el diseño del Proyectista,
- $A_z$ , es la superficie neta habitable de la zona ventilada, (m<sup>2</sup>).

Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar "El Alcazar"

Tabla 1: Tasas mínimas de ventilación en la zona de respiración

Categoría de ocupación	Tasa de aire exterior por persona $R_p$		Tasa de aire exterior por área $R_a$		Valores predeterminados Densidad de ocupantes #/1000 ft <sup>2</sup> o #/100 m <sup>2</sup>
	cfm/persona	L/s* persona	cfm/ft <sup>2</sup>	L/s*m <sup>2</sup>	
<b>Residencial Transitorio</b>					
Pasillos comunes	-	-	0.06	0.3	
Unidad de vivienda	5	2.5	0.06	0.3	F

Fuente: Norma ASHRAE 62.1, 2019

En la Tabla 1, se puede observar los valores propuestos por la norma ASHRAE 62.1 [11] en la cual se basa la norma técnica EM.030 para la consideración de los valores de ( $R_p$ ) y ( $R_a$ ) para determinar la tasa mínima de ventilación en viviendas residenciales. De tal manera que, es necesario cumplir con las tasas mínimas de ventilación del aire tanto a nivel exterior, como interior.

Un concepto que está relacionado con el aire interior y exterior es el confort térmico. Según La norma técnica EM.110 [12] es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado, mientras que la norma ISO 7730 [13] señala que es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico. De tal manera que, depende factores como la velocidad relativa del aire, la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la diferencia de temperatura vertical, la humedad relativa, entre otros.

Por lo mencionado, el presente artículo tiene como objetivo principal determinar de qué manera se puede mejorar la envolvente de un edificio en relación al aire interior y exterior. Con la finalidad de que, los propietarios puedan gozar de una mejor salud, bienestar y comodidad. Teniendo como caso de estudio el proyecto multifamiliar "El Alcazar" el cual se encuentra ubicado en la Urbanización La Castellana, distrito de Santiago de Surco.

## II. MARCO TEÓRICO

### 1.1 *Envolventes optimizadoras para reducir el acondicionamiento del aire en edificaciones multifamiliares*

El uso de los equipos de acondicionamiento ambientales en los interiores del edificio consume energía en gran cantidad durante los periodos cálidos y húmedos para mantener un ambiente equilibrado y confortable para los ocupantes. Para que un sistema de acondicionamiento sea más eficaz y económico, existen envolventes que permiten regular la calidad del aire interior a través de la captación del aire exterior hacia el interior. Un estudio realizado por Sushil-Kumar, et al en [14], ha demostrado que los factores que intervienen en la regulación del aire interior de forma natural se ven afectado por la orientación y el uso de materiales de construcción. Por otra parte, el autor también señala que el color de la cobertura de los inmuebles y materiales como la tierra apisonada son efectivas en cuanto a la reducción a las cargas de descenso de la temperatura en ambientes cálidos. De la misma manera, Mishra y Rashmi en [15] sostiene que el uso de las fachadas de las viviendas de alto rendimiento consume energías mínimas para mantener un ambiente cómodo y saludable para mejorar la salud y productividad de los ocupantes.

Para optimizar la calidad del aire interior utilizando envolventes saludables, Sushil-Kumar en [14] ha abordado el concepto de la conductividad térmica de los materiales de construcción y observó que la cubierta del último nivel del edificio, es el que más aporta en la captación de la radiación solar. En la Tabla 2, se puede observar los grosores de los materiales y las cargas transferidas durante un día en un periodo tan caluroso.

Tabla 2: *Propiedades térmicas de los materiales de construcción*

Tipo	Material	Lapsos de tiempo (horas)	Decremento Factor	Tu (con/m <sup>2</sup> -k)
Pared (W1)	Yeso de ladrillo (130 mm)	3	0.7	2.640
Pared (W2)	Yeso de ladrillos (250 mm)	7.6	0.33	1.830
Pared (W3)	Tierra apisonada (300 mm)	10.3	0.22	2.860
Techo (R1)	Techo de concreto (150 mm)	7	0.58	0.896
Techo (R2)	Metal acanalado sábana	0	1	7.14

Fuente: *Sushil-Kumar, 2016*

Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar “El Alcazar”

Con estos materiales y tomando en cuenta la conductividad térmica y los requerimientos de energía (Wh) para conservar un enfriamiento aceptable, se ha requerido de una carga interna mínima de 200 W como se muestra en la Tabla 3:

*Tabla 3: Requerimientos de energía para diferentes combinaciones*

<b>Caso</b>	<b>Material</b>	<b>Requerimiento de energía (Wh)</b>
1	W2+R1	1505
2	W1+R1	5681
3	W3+R1	589
4	W3 (blanco) + R1 (blanco)	329
5	W2+R2	15660

*Fuente: Sushil-Kumar et al, 2016*

En la Tabla 3, se puede apreciar como resultado que la transferencia de calor en las paredes de color blanco construidas a base de tierra apisonada y techo de concreto son las que requieren menor carga de enfriamiento.

### **1.2 Influencia negativa del moho en la envolvente de un edificio y cómo evitarla**

Uno de los problemas que experimenta el edificio es la humedad en el hogar, producida por la misma composición de los materiales de construcción tales como: pinturas, maderas, plásticos, muebles y otros materiales que forman parte de la envolvente de las viviendas. Ganem cita a Larsen et al en [16] las ventanas son los medios de ventilación natural efectiva para reducir el acumulamiento de las partículas de humedad. Otro estudio de Kenechi et al en [17] afirma que la participación de la humedad es significativamente predominante en la durabilidad de las envolventes de los edificios. Dado que el fenómeno de la succión capilar de la humedad del suelo afecta a los materiales de construcción de mampostería porosa, piedras y bloque de ladrillos ásperos. La humedad siempre penetra hacia el interior del edificio y afecta la salud humana.

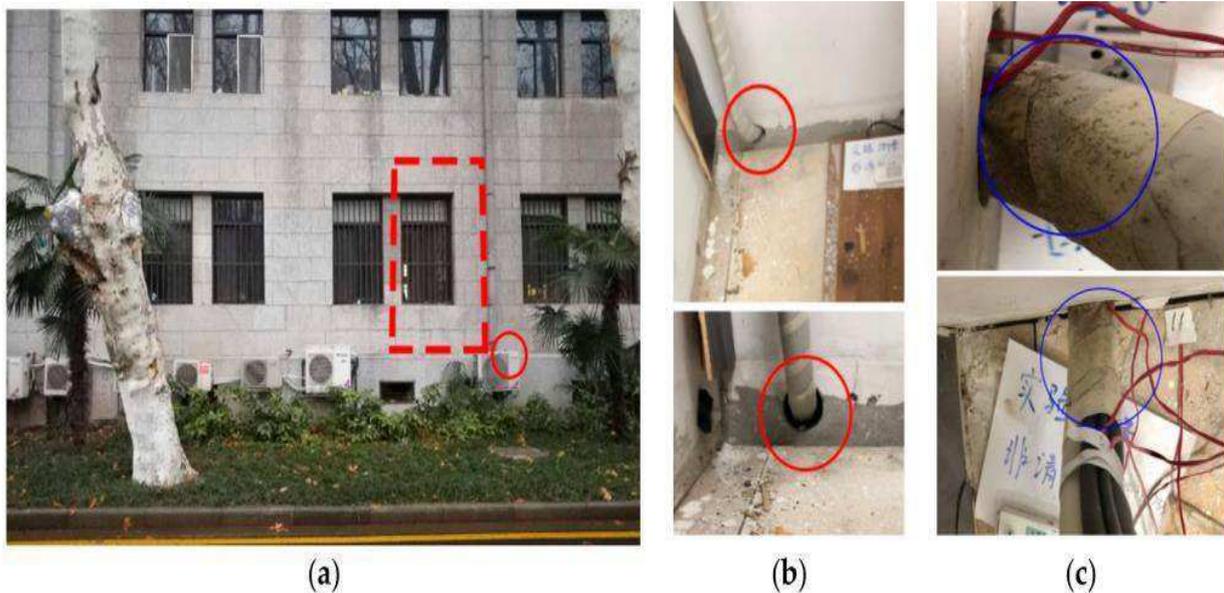
Yonghui et al en [18], investigó que la humedad en ambientes interiores es muy persistente ya que, al no controlarlo se generan microorganismos en las superficies interiores y en las estructuras de los edificios. Unas de las partículas que comúnmente se ven en las viviendas es el moho, un microorganismo que suele estar depositado en las cavidades de las envolventes exteriores del hogar. Generalmente, esto se refiere a paredes hechas de ladrillos porosos o acabados de piedras rugosas que facilitan el acumulamiento de partículas suspendidas. Por otro lado, el autor ha demostrado que estas partículas del moho ingresan a través de las

Gustavo Salazar Acuat, Yony Mayhua Escobar, Susana Dávila Fernández

cavidades, un conducto dentro de un cuerpo cualquiera [19]. Las cavidades permiten el paso de la tubería el paso de las tuberías de los dispositivos del aire acondicionado.

En la Figura 1 (b) y (c) se muestra las cavidades en pésimas condiciones y la fachada rugosa del edificio monitoreado.

Figura 1: Monitoreo del moho en diferentes espacios de un edificio



Fuente: Yonghui, 2020

En la Figura 1, se observa los diferentes espacios afectados por la humedad del moho. En: (a) La fachada principal del edificio monitoreado y la habitación monitoreada (en línea discontinua roja) con el orificio de la tubería del aire acondicionado, es decir, la cavidad de aire (en círculo rojo); (b) la cavidad de aire en la habitación monitoreada sin sellar; (c) colonización de moho cerca de la cavidad de aire (en círculo azul).

Para mitigar este tipo de problemática en las envolventes, Yonghui se ha apoyado en un modelamiento mediante una termografía durante un año y medio, y descubrió que en los meses más cálidos y templados en donde se utilizan los sistemas de acondicionamiento ambiental con mayor frecuencia, es allí donde se incrementa la producción masiva de moho. Por lo que, recomienda utilizar una envolvente aislada. De tal manera que, esto evite la infiltración y exfiltración de humedad asegurando un ambiente amigable y se deben realizar los mantenimientos de las cavidades en un periodo muy frecuente.

Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar “El Alcazar”

### ***1.3 Materiales de construcción para tener un mejor desempeño como envolvente en relación al confort térmico en apartamentos ocultos***

Para conseguir el desempeño satisfactorio de la envolvente en apartamentos muy ocultos, también influye la orientación de la fachada, es decir si este está en la dirección adecuada respecto a la dirección del viento y el sol. Son factores que influyen en el bienestar de los usuarios dentro de una edificación. Según Castillo et al en [20], señala que para determinar un mejor confort térmico de un ambiente hay factores intervinientes que son muy variables, entre los principales parámetros a tomar en cuenta es la condición ambiental exterior del ambiente, tales como: la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura media radianes ( $^{\circ}\text{C}$ ), velocidad del aire (m/s), la humedad del aire (Pa) y el tipo de material que conforma la envolvente del apartamento. Ver Figura 2:

*Figura 2: Recorrido solar por horas*



*Fuente: Castillo, et al, 2019*

El estudio de la envolvente es un tema muy amplio y complejo en el diseño de las edificaciones sustentables, puesto que integra toda la cobertura del diseño arquitectónico y es la mayor área superficial que incide en el control térmico y lumínico de la edificación. Medina y Escobar cita a Velasco y Robles en [21] lo siguiente:

Los tipos de factores determinantes del diseño para las eco-envolventes arquitectónicas son tres: los primeros implican lo relacionado con el funcionamiento de la fachada como proveedora de confort interno; el segundo tipo de factores implica el área tecnológica, directamente ligada a la materialidad y constructibilidad de las propuestas, mientras el tercer tipo de factores serían los medio-ambientales, más importantes aun cuando nuestro énfasis está en la sostenibilidad espacio-ambiental del sistema envolvente (pp. 92)

Gustavo Salazar Acuat, Yony Mayhua Escobar, Susana Dávila Fernández

---

En este sentido, se entiende que para hacer una edificación sustentable se tiene que tomar en cuenta el valor funcional de la cobertura y el tipo de edificación que se va diseñar según el uso. Asimismo, el otro factor interviniente es el uso del tipo de material de construcción el cual pueden ser materiales eco amigables o artificiales. Por último, es adaptar el diseño arquitectónico a las condiciones ambientales de la zona.

Retomando la investigación de Castillo et al en [20], en su investigación recomienda el uso de materiales de construcción que se caractericen por ser rígidos, que eviten la transmisión térmica

para la parte de fachadas y acabados interiores de la edificación, entre las cuales es el uso de recubrimiento de piedra, porcelanato y cerámica en paredes y muros. Por otro lado, en la pared interior el uso de los colores más claros como el color blanco o gris favorece a la reflexión de la luz hacia las otras áreas donde no ingrese la iluminación natural. Otro detalle que el autor enfatiza a la ventana de vidrio como envolvente principal y que deben tener 3mm de espesor que cuente con características termodinámicas y reflectivo, en el caso de las puertas recomienda la madera liviana como el cedro, el pino que cuenta con una conductividad térmica de  $0.14\text{W/m}^\circ\text{C}$ .

#### ***1.4 Tecnologías integradas que complementan al buen funcionamiento de la envolvente de edificios***

En ambientes muy cerrados donde no presenta la ventilación natural se opta por las tecnologías de energía renovables que se alimentan de la corriente natural captada por los paneles solares. De tal manera que, el usar este tipo de tecnología permita la reducción de la proliferación de las emisiones del dióxido de carbono y el consumo de los restos fósiles. Además, mejora los gastos económicos del consumo de energía. Según Lín et al en [22], para que un edificio sea más saludable debe contemplar el uso de los componentes de la envolvente del edificio y los sistemas mecánicos. De tal forma que, ambos componentes trabajen monolíticamente para alcanzar un mejor ambiente confortable y den respuesta a las condiciones ambientales tanto como interiores y exteriores. Asimismo, Rajagopalan y Goodman en su investigación en [23], ha demostrado que el empleo de la tecnología de filtración y purificador de aire son alternativas inmediatas para mejorar la calidad del aire interior en casos donde ocurren incendios o contaminaciones ambientales al entorno del edificio. Esto quiere decir que, el uso de las tecnologías complementa al buen funcionamiento de la envolvente en situaciones de incendios o contaminaciones, de modo que, contrarrestan el ingreso de las partículas suspendidas provenientes del aire exterior.

---

Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar “El Alcazar”

---

De la misma manera, Biturk et al [24], han estudiado el uso del sistema mecánico con energía solar, un dispositivo que funciona con la energía eléctrica producida por los paneles solares, siendo una alternativa más eficaz en términos de eficiencia y rendimiento. El autor recomienda el uso de estos dispositivos en zonas donde haya mayor temperatura ambiental, de modo que el panel capte la mayor cantidad de los rayos ultravioleta para un mejor funcionamiento de las ventilaciones mecánicas. Además, este sería muy rentables para los usuarios en aspectos económicos y el cuidado del medio ambiente.

### III. METODOLOGÍA

El presente artículo, es de nivel descriptivo comparativo [25]. De tal manera que, para el cumplimiento del objetivo se realizó una revisión exhaustiva de artículos científicos a nivel global y regional, seleccionando métodos y alternativas de mejoramiento de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud. Para luego, realizar una matriz de consistencia de las fuentes seleccionadas como es estrategia para estructurar la presente investigación.

Las herramientas usadas para obtener los resultados del caso de estudio fueron, la página Sun Earth Tool que nos permite ver la trayectoria del sol para cualquier ubicación. Así mismo, el programa AutoCad para determinar las áreas de cada departamento en relación a la influencia de los rayos del sol. Así mismo, el uso de una hoja de cálculo para determinar los porcentajes de las áreas mencionadas. Por último, se utilizó la página Meteoblue para determinar la dirección del viento en la zona de estudio.

### IV. RESULTADOS

Los resultados serán obtenidos aplicando los métodos y alternativas citados en la metodología. El presente artículo tiene como caso de estudio al proyecto multifamiliar “El Alcazar” [26], ubicado en la Calle El Alcázar, Urbanización La Castellana, Distrito de Santiago de Surco, ver Figura 4 [27]:

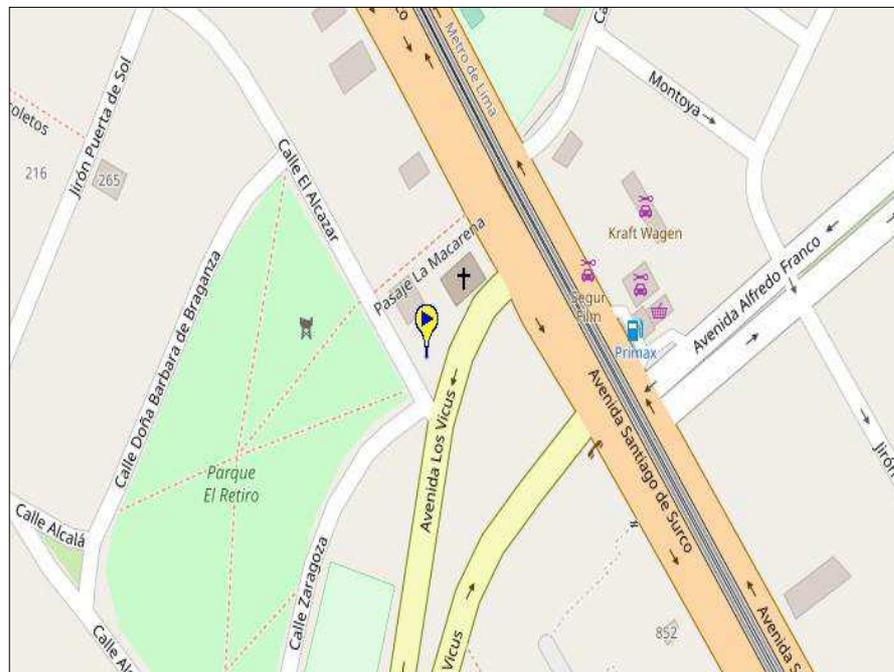
Gustavo Salazar Acuat, Yony Mayhua Escobar, Susana Dávila Fernández

Figura 3: Fachada del proyecto multifamiliar “El Alcazar”



Fuente: Nexo Inmobiliario, 2022

Figura 4: Ubicación del proyecto multifamiliar “El Alcazar”



Fuente: Sun Earth Tool, 2022

El proyecto multifamiliar “El Alcazar” se caracteriza por estar ubicado frente al parque “El Retiro”. Cuenta con 7 pisos y 23 departamentos desde 67 m<sup>2</sup> hasta 131 m<sup>2</sup>. Para el presente

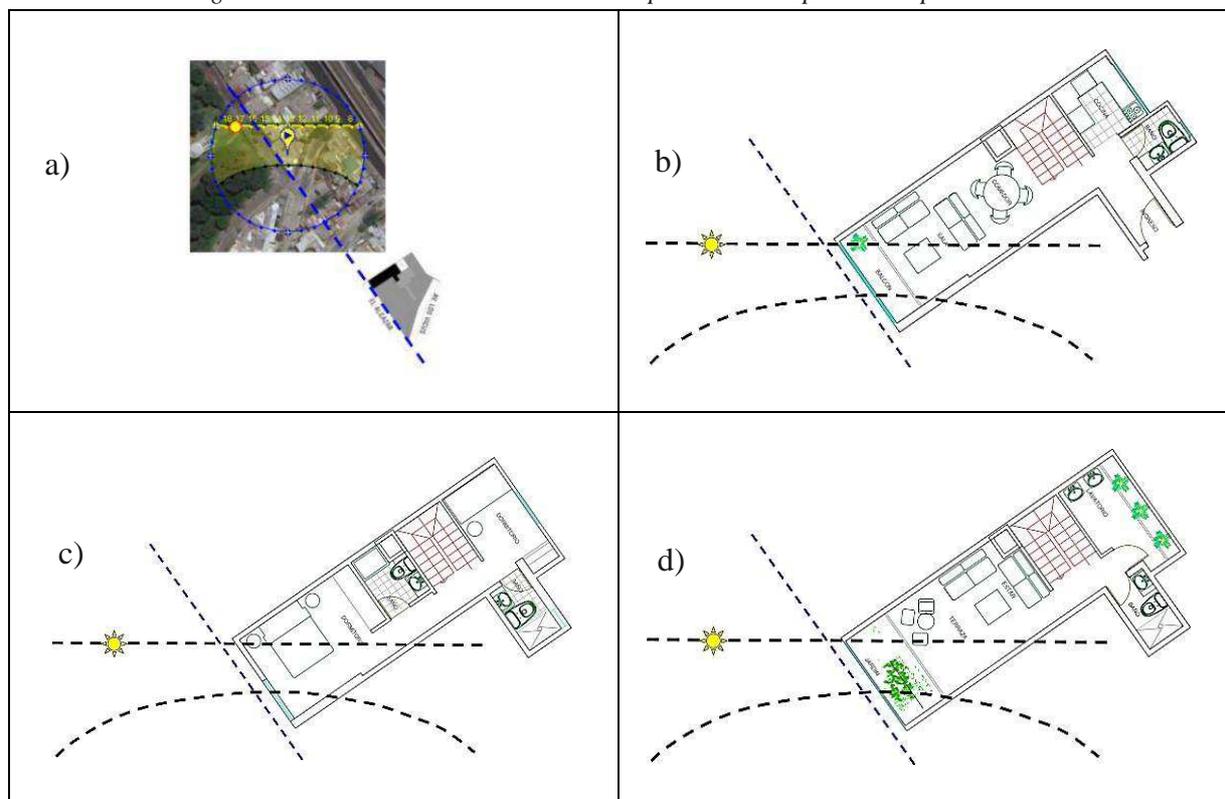
Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar “El Alcazar”

artículo se va a analizar la envolvente en relación al aire asociado a la salud en tres departamentos triplex, el 01, 05 y 07.

#### 4.1 Análisis de la orientación de los departamentos respecto al sol

##### Departamento Triplex 01

Figura 5: Análisis de la orientación del departamento triplex 01 respecto al sol



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5 a), se muestran dos trayectorias, una lineal, la cual representa la trayectoria del sol en invierno y otra cóncava, representa la trayectoria del sol en verano.

Seguidamente, en la Figura 5 b) se muestra el primer piso del departamento triplex 01, el cual nos muestra que los rayos del sol ingresan por el balcón pasando el medio día, teniendo un porcentaje de influencia solar del 20.16%. Sin embargo, el área sin influencia de rayos del sol representa el 79.84% del área total ya que, llega poca iluminación natural a la cocina, baño y el ingreso principal.

Así mismo, en la Figura 5 c) se puede observar el segundo piso del departamento triplex 01,

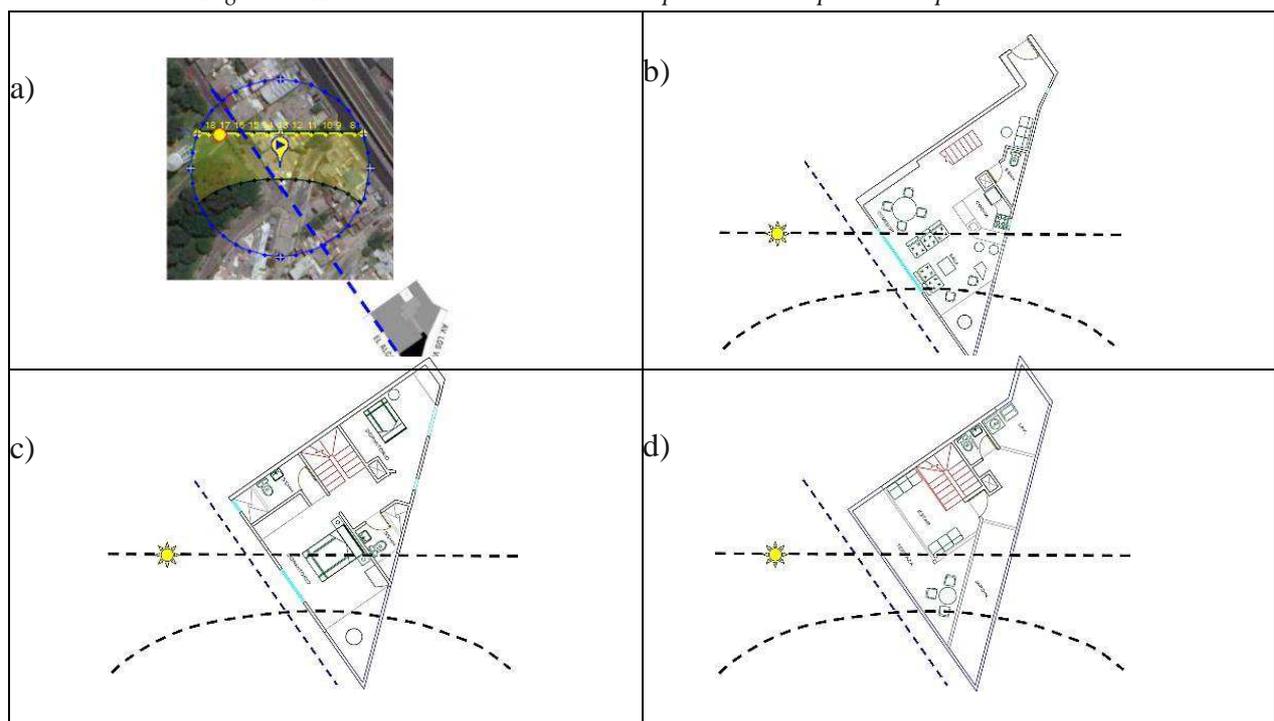
Gustavo Salazar Acuat, Yony Mayhua Escobar, Susana Dávila Fernández

elcual nos muestra que los rayos del sol ingresan por la ventana del dormitorio principal pasando el medio día, teniendo un porcentaje de influencia solar del 12.28%. Sin embargo, el área sininfluencia de rayos del sol representa el 87.72% del área total ya que, llega poca iluminaciónnatural al baño 1, escalera, baño 2 y dormitorio 2.

Finalmente, en la Figura 5 d) se muestra la terraza del departamento triplex 01, el cual nos muestra que los rayos del sol ingresan por el jardín pasando el medio día, teniendo un porcentaje de influencia solar del 71.15%. Sin embargo, el área sin influencia de rayos del sol representa el 28.85% del área total del último nivel.

#### Departamento Triplex 05

Figura 6: Análisis de la orientación del departamento triplex 05 respecto al sol



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6 a), se muestran dos trayectorias, una lineal, la cual representa la trayectoria del solen invierno y otra cóncava, representa la trayectoria del sol en verano.

Seguidamente, en la Figura 6 b) se muestra el primer piso del departamento triplex 05, el cualnos muestra que los rayos del sol ingresan por la sala comedor pasando el medio día, teniendoun porcentaje

Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar “El Alcazar”

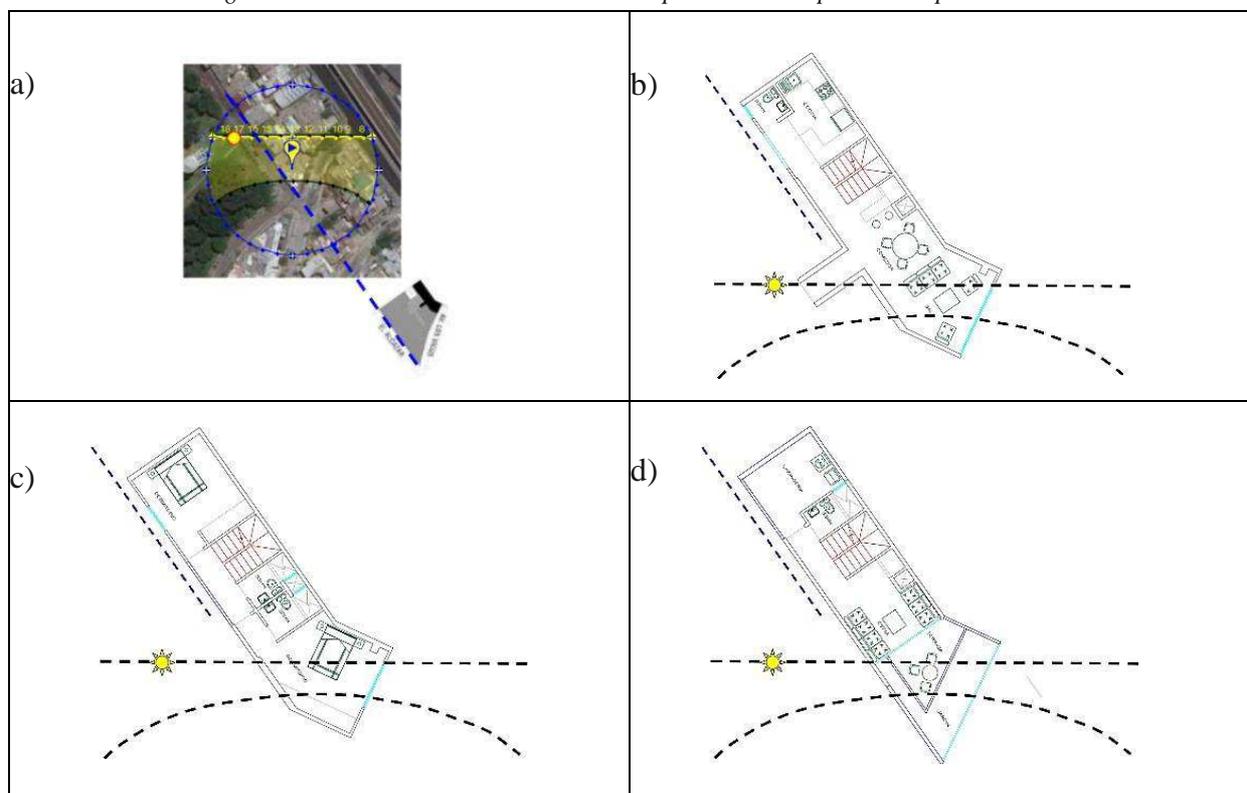
de influencia solar del 40.07%. Sin embargo, el área sin influencia de rayos del sol representa el 59.93% del área total ya que, llega poca iluminación natural a el ingreso, baño y hall.

Así mismo, en la Figura 6 c) se puede observar el segundo piso del departamento triplex 05, el cual nos muestra que los rayos del sol ingresan por la ventana del dormitorio principal y baño 1 pasando el medio día, teniendo un porcentaje de influencia solar del 31.49%. Sin embargo, el área sin influencia de rayos del sol representa el 68.51% del área total ya que, llega poca iluminación natural al dormitorio 2, escalera y baño 2.

Finalmente, en la Figura 6 d) se muestra la terraza del departamento triplex 05, el cual nos muestra que los rayos del sol ingresan por la terraza y jardín durante el día, teniendo un porcentaje de influencia solar del 73.35%. Sin embargo, el área sin influencia de rayos del sol representa el 26.65% del área total del último nivel

#### Departamento Triplex 07

Figura 7: Análisis de la orientación del departamento triplex 07 respecto al sol



Fuente: Elaboración propia

Gustavo Salazar Acuat, Yony Mayhua Escobar, Susana Dávila Fernández

En la Figura 7 a), se muestran dos trayectorias, una lineal, la cual representa la trayectoria del sol en invierno y otra cóncava, representa la trayectoria del sol en verano.

Seguidamente, en la Figura 7 b) se muestra el primer piso del departamento triplex 07, el cual nos muestra que los rayos del sol ingresan por la sala comedor en la mañana, teniendo un porcentaje de influencia solar del 17.44%. Sin embargo, el área sin influencia de rayos del sol representa el 82.56% del área total ya que, llega poca iluminación natural al baño, cocina y escalera.

Así mismo, en la Figura 7 c) se puede observar el segundo piso del departamento triplex 07, el cual nos muestra que los rayos del sol ingresan por la ventana del dormitorio principal en la mañana, teniendo un porcentaje de influencia solar del 23.02%. Sin embargo, el área sin influencia de rayos del sol representa el 76.98% del área total ya que, llega poca iluminación natural al dormitorio 2, escalera, baño 1 y 2.

Finalmente, en la Figura 7 d) se muestra la terraza del departamento triplex 07, el cual nos muestra que los rayos del sol ingresan por el jardín y la terraza durante el día, teniendo un porcentaje de influencia solar del 61.73%. Sin embargo, el área sin influencia de rayos del sol representa el 38.27% del área total del último nivel.

En la Tabla 4, se pueden apreciar los resultados de las áreas con y sin influencia de los rayos del sol con respecto al área de cada piso de los departamentos triplex 01, 05 y 07.

Tabla 4: Porcentajes de áreas con y sin influencia del sol por pisos de los departamentos

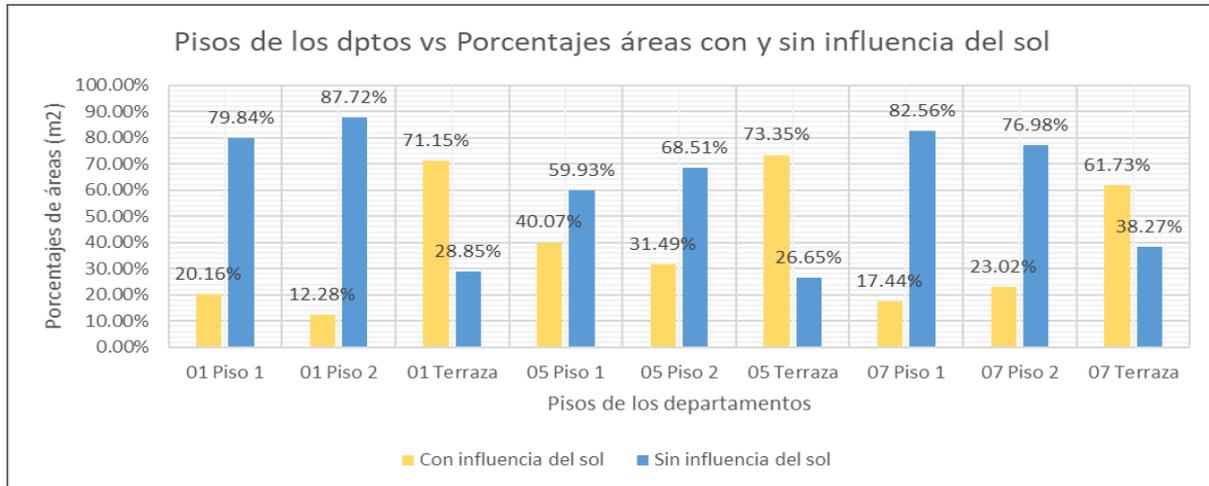
Dpto.	Área Total	Área con influencia de		Área sin influencia de		
	Total	los rayos del sol		los rayo		
	(m2)	(m2)	(%)	(m2)	(%)	
Triplex 01	01 Piso 1	29.67	5.98	20.16%	23.69	79.84%
	01 Piso 2	28.45	3.49	12.28%	24.95	87.72%
	01 Terraza	29.36	20.89	71.15%	8.47	28.85%
Triplex 05	05 Piso 1	43.94	17.61	40.07%	26.33	59.93%
	05 Piso 2	38.65	12.17	31.49%	26.48	68.51%
	05 Terraza	39.85	29.23	73.35%	10.62	26.65%
Triplex 07	07 Piso 1	44.70	7.80	17.44%	36.90	82.56%
	07 Piso 2	41.99	9.66	23.02%	32.32	76.98%
	07 Terraza	44.89	27.71	61.73%	17.18	38.27%

Fuente: Elaboración propia

Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar “El Alcazar”

En la Figura 8, se observa los porcentajes de áreas con y sin influencia del sol por pisos de los departamentos.

Figura 8: Porcentajes de áreas con y sin influencia del sol por pisos de los departamentos



Fuente: Elaboración propia

Quedando en evidencia en la Figura 8, que los pisos 1 y 2 de cada departamento triplex son los que menos influencia tienen de los rayos del sol. El piso 2 del triplex 01 es el que tiene menos influencia de los rayos del sol con un 12.28% del área total, mientras que, el piso 1 del triplex 05 es el que tiene mayor influencia de los rayos del sol con un 40.07%. Finalmente, se puede observar que las terrazas presentan una mayor influencia de los rayos del sol.

#### 4.2 Análisis de la proliferación del moho en los departamentos

Del departamento triplex 01:

Con respecto al primer piso, se observa que, en el ingreso principal, baño 1, cocina y la escalera, no llegan a tener contacto con los rayos del sol, por lo que son ambientes propensos a la proliferación del moho. Seguidamente, en el segundo, se observa que la escalera, el baño 1, baño 2 son áreas muy cerradas, mientras que el dormitorio 2 tiene ventilación. Finalmente, la terraza presenta una mayor ventilación en toda su área.

Del departamento triplex 05:

Con respecto al primer piso, se observa que, en el ingreso principal, hall, baño y la escalera, no llegan a tener contacto con los rayos del sol, por lo que son ambientes propensos a la proliferación del moho. Seguidamente, en el segundo, se observa que la escalera, el baño

1, son áreas muy cerradas. Finalmente, la terraza presenta una mayor ventilación en toda su área.

Del departamento triplex 07:

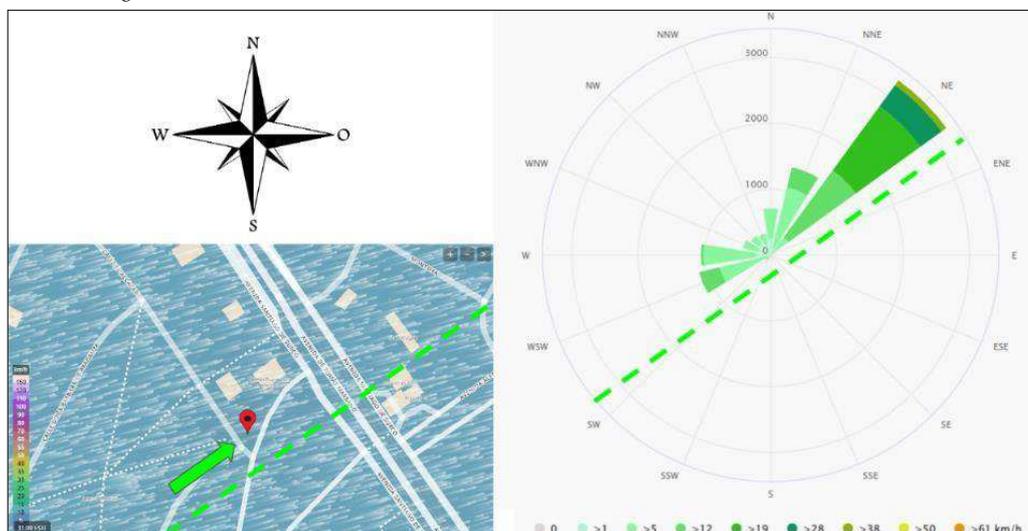
Con respecto al primer piso, se observa que, en la cocina, la escalera y el ingreso no llegan a tener contacto con los rayos del sol, por lo que son ambientes propensos a la proliferación del moho. Seguidamente, en el segundo, se observa que la escalera y el pasadizo son áreas muy cerradas. Finalmente, la terraza presenta una mayor ventilación en toda su área.

En los pisos de los tres departamentos queda evidenciado que la mayor parte de los ambientes son cerrados en el primer y segundo piso, a diferencia de las terrazas.

#### 4.3 *Análisis de la orientación de los departamentos con respecto al aire*

En la Figura 9 [28], se puede apreciar la dirección del viento en la zona de estudio en base a la Rosa de los vientos. El viento está soplando desde el Suroeste (SO) para el Noreste (NE), representado por la flecha de color verde.

Figura 9: Dirección del viento en la zona de estudio en base a la Rosa de los vientos

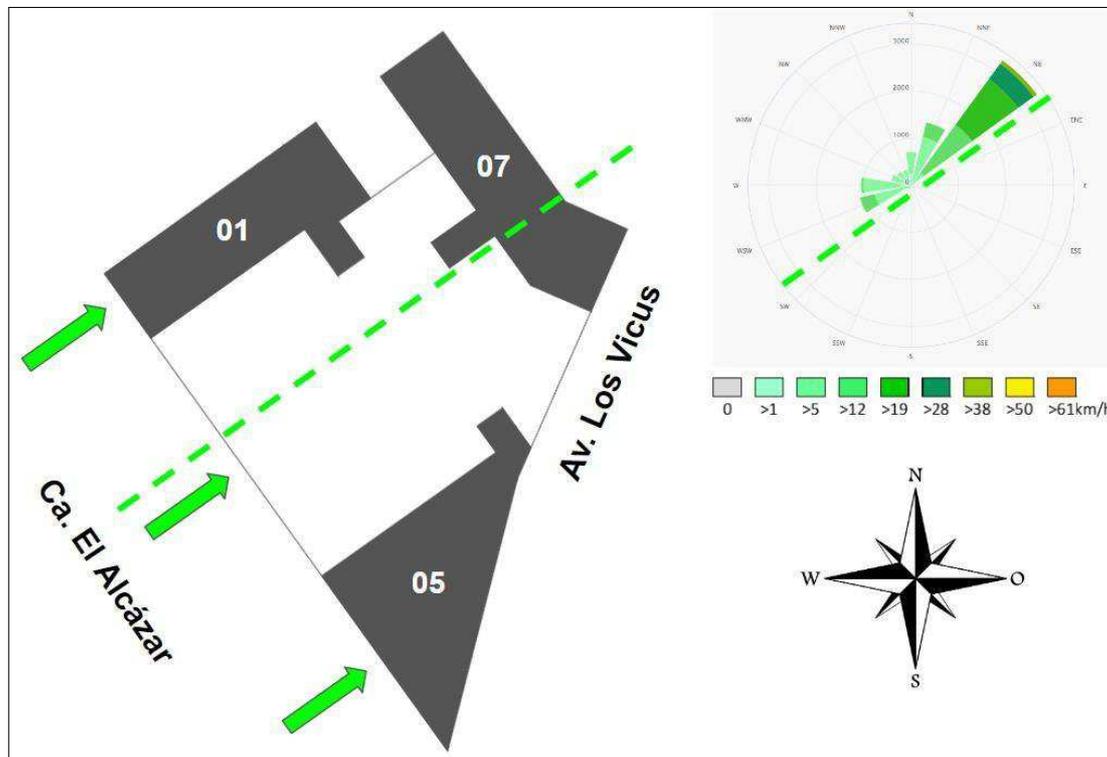


Fuente: Elaboración propia en Meteoblue

Seguidamente, en la Figura 10, se puede apreciar la dirección del viento respecto a los departamentos triplex 01, 05 y 07 en base a la Rosa de los vientos. Así mismo, se puede observar los diferentes rangos de velocidades por colores. En Lima, las velocidades del viento fluctúan entre 12 y 28 km/h.

Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar “El Alcázar”

Figura 10: Dirección del viento para los departamentos triplex 01, 05 y 07 en base a la Rosa de los vientos



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al departamento triplex 01, se puede observar que la dirección del viento es perpendicular a la envolvente. De tal manera que, esto favorece a la ventilación natural del departamento. En el primer piso, el aire ingresa por el balcón a la sala-comedor, en el segundo piso, por el dormitorio principal y en el último nivel por el jardín y terraza.

Seguidamente, al departamento triplex 05, de la misma manera puede observar que la dirección del viento es perpendicular a la envolvente favoreciendo a la ventilación natural del departamento. En el primer piso, el aire ingresa por la sala-comedor, en el segundo piso, por el dormitorio principal y en el último nivel por el jardín y terraza.

Así mismo, al departamento triplex 07, se observa que la dirección del viento no tiene contacto con la envolvente. Tanto el piso 1 como el piso 2 se ven afectados por la poca ventilación natural, a diferencia de la terraza.

De hecho, la dirección del viento beneficia a los departamentos que sus fachadas colindan con la calle El Alcázar. Mejorando la ventilación natural de todos sus ambientes.

Gustavo Salazar Acuat, Yony Mayhua Escobar, Susana Dávila Fernández

#### 4.4 *Análisis del color de pintura interior y exterior de los departamentos*

El color de pintura de las paredes interiores en los departamentos se puede apreciar que en su mayoría son de color blanco o tonos claros. Esto es muy beneficioso porque, los ambientes requieren menor carga de enfriamiento, además, los tonos claros mejoran la captación de la luz natural. Ver Figuras 11 y 12:

*Figura 11 Porcentajes de áreas con y sin influencia del sol por pisos de los departamentos*



*Fuente: Nexo Inmobiliario, 2022*

En la Figura 9 se puede apreciar que las paredes y techo de las cocinas son de color blanco. Así mismo, el piso es de un tono claro, lo que favorece a la captación de la luz natural.

*Figura 12: Porcentajes de áreas con y sin influencia del sol por pisos de los departamentos*



*Fuente: Nexo Inmobiliario, 2022*

Con respecto a la parte exterior de la envolvente, se puede apreciar que cuenta con muchas ventanas y balcones al lado de la calle El Alcázar, esto es beneficioso ya que, permite aprovechar

Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar “El Alcazar”

mejor la ventilación natural. Sin embargo, la envolvente exterior está pintada de color terracota, lo cual no favorece a la envolvente ya que, está expuesta al sol después del mediodía. Lo recomendable sería, usar colores claros ya que, cuentan con un índice de reflectancia solar más alto que los colores oscuros y contribuyen a la duración del revestimiento. Ver Figura 13:

Figura 13: Porcentajes de áreas con y sin influencia del sol por pisos de los departamentos

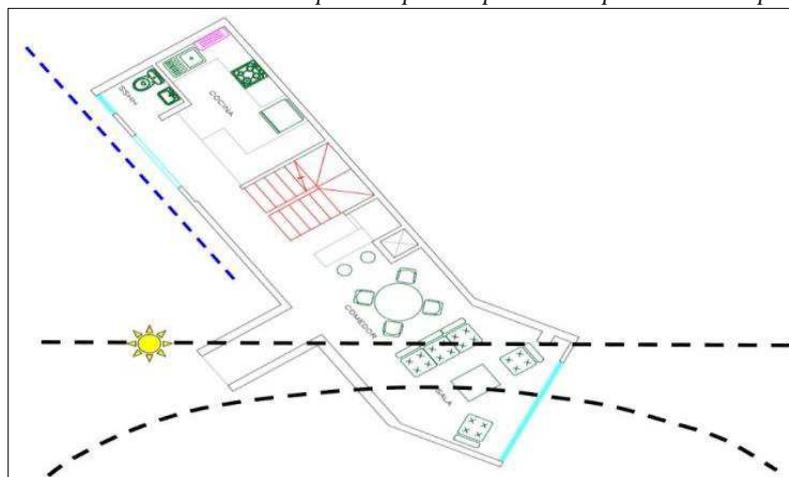


Fuente: Nexo Inmobiliario, 2022

#### 4.5 Alternativas de ventilación mecánica para los bloques

Según lo expuesto anteriormente, se ha identificado a el primer piso del departamento triplex 07 como el más crítico con respecto a la ventilación e iluminación natural. De tal manera que, se propone la instalación de ventilación mecánica en la cocina para que se equilibre la ventilación en todo el piso. Ver Figura 14, la ventilación mecánica se puede identificar por el color magenta.

Figura 14: Ventilación mecánica para el primer piso del departamento triplex 07

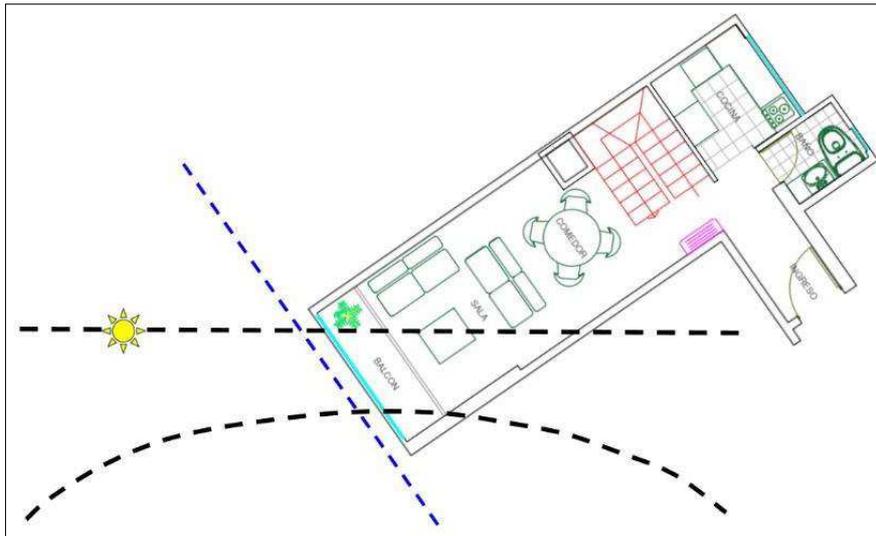


Fuente: Elaboración propia

Gustavo Salazar Acuat, Yony Mayhua Escobar, Susana Dávila Fernández

Así mismo, el primer piso del departamento triplex 01 es el segundo más crítico con respecto a la ventilación e iluminación natural. De la misma manera, se propone la instalación de ventilación mecánica en el pasadizo para que se equilibre la ventilación en todo el piso. Ver Figura 15, la ventilación mecánica se puede identificar por el color magenta

Figura 15: Ventilación mecánica para el primer piso del departamento triplex 01



Fuente: Elaboración propia

## v. CONCLUSIONES

Se concluye que los pisos 1 y 2 de todos los departamentos al tener menos incidencia solar, son más propensos a la proliferación del moho. Siendo el más crítico el piso 2 del departamento triplex 01 con incidencia solar del 12.28% del área total.

Sin embargo, se concluye que las terrazas son los espacios con mayor incidencia solar y ventilación natural. Siendo el más favorable la terraza del departamento triplex 05 con incidencia solar del 73.35% del área total. Por consiguiente, es beneficioso para la salud humana contar con espacios con incidencia solar ya que, mitiga la proliferación de las bacterias y mejora la calidad del aire interior en espacios cerrados.

Con respecto a la proliferación del moho, se concluye que, está directamente ligado a la incidencia solar. Por lo tanto, los primeros pisos son los más afectados al tener un alto porcentaje de área no ventiladas. Los ambientes como las cocinas, baños e ingresos son los espacios más afectados.

Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar "El Alcazar"

---

Por otro lado, los departamentos que cuentan con ventanas paralelas a la calle "El Alcázar" son las más beneficiadas con respecto a la ventilación natural ya que, la dirección del viento es perpendicular a dicha calle desde el Suroeste hacia el Noreste.

Otra conclusión es que los departamentos al tener colores interiores blancos y tonos claro, favorece a la captación de la luz natural. Sin embargo, la fachada al estar pintada de un tono oscuro, cuenta con un bajo índice de reflectancia solar, lo que conlleva a una menor duración del revestimiento.

Finalmente, se concluye que en los primeros pisos de los departamentos triplex 01 y 07 es necesario la instalación de ventilación mecánica en los espacios con menor incidencia solar.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda mantener ventilados los espacios interiores para evitar la proliferación del moho.

Si va a adquirir un departamento que cuide la salubridad de los propietarios con respecto a la contaminación del aire, es importante conocer la incidencia solar con respecto a sus espacios interiores, la dirección del viento con respecto a las ventanas, las áreas verdes y cercanía a parques ya que, influyen mucho en la mejora del aire interior.

Si su departamento tiene espacios muy cerrados con poca ventilación natural es recomendable usar ventilación mecánica con energía renovable como paneles solares.

## VII. REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas (ONU): Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire: comunicado de prensa de la ONU. (2021).
- [2] El País: ¿Cómo afecta la contaminación del aire a la salud? Contingencia ambiental en México. Disponible en línea: [https://elpais.com/internacional/2016/04/08/mexico/1460133128\\_612673.html](https://elpais.com/internacional/2016/04/08/mexico/1460133128_612673.html) (consultado el 21 de mayo de 2022).
- [3] Organización de las Naciones Unidas (ONU): Construir un mundo mejor. Cómo contribuyen los edificios a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU: Informe GBCE y DGNB. (2021).
- [4] Castro, C.: La función de la envolvente en los edificios. En: Ecoconstrucción, revista de construcción sostenible. (2020).
- [5] Mansour, W.: Optimización del rendimiento térmico de la envolvente de edificios paramétricos basada en la inspiración biomimética. En: Ain Shams Engineering, vol. 12, pp. 1133-1142. (2021).
- [6] Shrubsole, C.; Dimitroulopoulou, S.; Foxall, K.; Gadeberg, B.; Doutsis, A.: Directrices del IAQ para compuestos orgánicos volátiles seleccionados (VOCs) en el Reino Unido. Environ. 2019, 165, 106382.
- [7] USEPA: Calidad del aire interior. Disponible en línea: <https://www.epa.gov/report-environment/indoor-air-quality> (consultado el 22 de mayo de 2022).
- [8] Kim, J., Hong, T., Kong, M., Jeong, K.: La respuesta psicofisiológica de los ocupantes del edificio al clima interior y los cambios en la concentración de CO<sub>2</sub> en los edificios de oficinas. Build. Environ. 2020, 169, 106596.
- [9] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MIMVIV): Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.M. 030 Instalaciones de ventilación [Decreto Supremo N° 232-2020-VIVIENDA]. (2020).
- [10] USEPA: ¿Cómo entra el aire exterior en un edificio? Disponible en línea: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/how-does-outdoor-air-enter-building> (consultado el 22 de mayo de 2022).
- [11] ASHRAE Standard: ANSI/ASHRAE Standard 62.1. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. (2019).

Evaluación de la envolvente en relación al aire interior y exterior asociado a la salud, caso de estudio: proyecto multifamiliar “El Alcazar”

---

- [12] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MIMVIV): Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética [Decreto Supremo N° 001-2022-VIVIENDA]. (2022).
- [13] ISO 7730:2006: Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.
- [14] Sushil-Kumar, TVK., Chandrasekar, J., Kumar-Moorthy, S., Sakthikala A. y Arvind-Bharat, SR.: Optimización de la envolvente del edificio para reducir el aire acondicionado. En RICT, Vol. 9(4), pp 2-2. (2016).
- [15] Mishra, S. y Rashmi, S.: Rendimiento térmico de la envolvente del edificio. En IJERT, vol. (9) pp 1-1. (2020).
- [16] Andreoni, S. y Ganem, C.: Influencia del uso y gestión de la envolvente en el comportamiento térmico de verano de una vivienda en la ciudad de Mendoza, Argentina. En: Revista Habitat Sustentable, vol. 7. (2017).
- [17] Yonghui Li., Xinyuan D., Changchang X., Yan M., Daisuke O., Shûichi H.: El efecto de la fuga de aire a través de las cavidades de aire de las paredes de los edificios sobre los riesgos de crecimiento de moho. En: Energías MDPI, vol. 13. (2020).
- [18] Ugochukwu, E., Cemil, A., Ifeoluwa, O. y Abiola, O.: Prevención de riesgos para la salud relacionados con la humedad en la etapa de diseño de edificios en climas mediterráneos: un estudio de caso de Chipre. En Edificios MDPI, vol. 8. (2018).
- [19] Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, [versión 23.4 en línea]. <<https://dle.rae.es>>
- [20] Castillo Quimis, E. L., Mite Pezo, J. A., & Pérez Arévalo, J. J.: Influencia de los materiales de la envolvente en el confort térmico de las viviendas. Programa Mucho Lote II, Guayaquil. Universidad y Sociedad, 11(4), 303-309. (2019).
- [21] Medina-Patrón, N., & Escobar-Saiz, J.: Envoltentes eficientes: relación entre condiciones ambientales, espacios confortables y simulaciones digitales. Revista de Arquitectura (Bogotá), 21(1), 90-109. (2019).
- [22] Lin, Y.; Yuan, X.; Yang, W.; Hao, X.; Li, C.: Una revisión sobre la investigación y el desarrollo de productos saludables Edificio en China. Edificios 2022,12, 376. (2022).
- [23] Rajagopalan, P.; Goodman, N.: Mejora de la calidad del aire interior de los edificios residenciales durante los eventos de humo de incendios forestales. Climatizado 2021, 9, 32. (2021).

Gustavo Salazar Acuat, Yony Mayhua Escobar, Susana Dávila Fernández

---

- [24] Birtürk, A., Ekren, O., Aktakka, S., Özel, Ö. y Toksoy, M.: Ventilación mecánica con energía solar: un estudio de caso. En Instituto de Energía Solar, Universidad de Ege, Izmir, Turquía. (2019).
- [25] Sánchez, H., Reyes, C. y Mejía, K.: Manual de términos de investigación científica, tecnológica y humanística. Bussiness Support Aneth S.R.L., Lima-Perú. (2018).
- [26] Nexo Inmobiliario: Proyecto "El Alcazar 255". Disponible en línea: Herramientas para consumidores y diseñadores de energía solar. Disponible en línea: <https://www.sunearthtools.com/> (consultado el 30 de mayo de 2022).
- [27] Meteoblue: Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Lima. Disponible en línea: <https://www.meteoblue.com/> (consultado el 30 de mayo de 2022).