



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

Entidades participantes:
Facultad de Arquitectura

**La arquitectura ecológica aplicada en la vivienda de interés social: Estrategias
arquitectónicas para la prevención del Síndrome del Edificio Enfermo**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN ARQUITECTURA
En el campo de conocimiento de Arquitectura, Desarrollo y Sustentabilidad

PRESENTA:
Arq. Manuel Martínez Soto

TUTOR/A PRINCIPAL
Mtro. en Arq. Jaime Francisco Irigoyen Castillo
Facultad de Arquitectura

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
Mtra. En Arq. Gabriela Wiener Castillo
Centro de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Paisaje

Mtra. En Ciencias Biológicas Sandra José Ramírez
Centro de Conservación de Vida Silvestre UMA Konkon

Ciudad de México, noviembre, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



TUTOR PRINCIPAL

Mtro. en Arq. Jaime Francisco Irigoyen Castillo
Facultad de Arquitectura

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

Mtra. En Arq. Gabriela Wiener Castillo
Centro de Investigación en Arquitectura,
Urbanismo y Paisaje

Mtra. En Ciencias Biológicas Sandra José
Ramírez
Centro de Conservación de Vida Silvestre UMA
Konkon

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

Mtro. En Arq. Héctor Segura Carsi
Facultad de Arquitectura

Mtro. En Arq. Fernando Gutiérrez Hernández
UCL University College London







Agradecimientos

QUIERO AGRADECER DE ANTEMANO A MI TUTOR DE TESIS EL DR. JAIME FRANCISCO IRIGOYEN CASTILLO POR APOYARME EN EL TRANSCURSO DE MI MAESTRÍA Y POR GUIARME, ACONSEJARME, REVISAR Y EVALUAR MIS AVANCES DE TESIS, A LA PAR DE MIS COTUTORES, LA MTRA. GABRIELA WIENER CASTILLO Y LA MTRA. SANDRA JOSÉ RAMÍREZ; COMO A LOS SINODALES EL DR. HÉCTOR SEGURA CARSI Y EL MTRO. FERNANDO GUTIÉRREZ HERNÁNDEZ POR MOTIVARME EN CONOCER Y RECONOCER MI TEMA DE PROYECTO, Y SOBRE TODO EL APOYO MORAL QUE HAN TENIDO HACIA MI MOTIVÁNDOME A COMPARTIR MIS CONOCIMIENTOS HACIA LAS NUEVAS GENERACIONES PARA HACER Y SER PARTE DEL CAMBIO DE CONCIENCIA EN LOS ARQUITECTOS POBLANOS DEL MAÑANA.

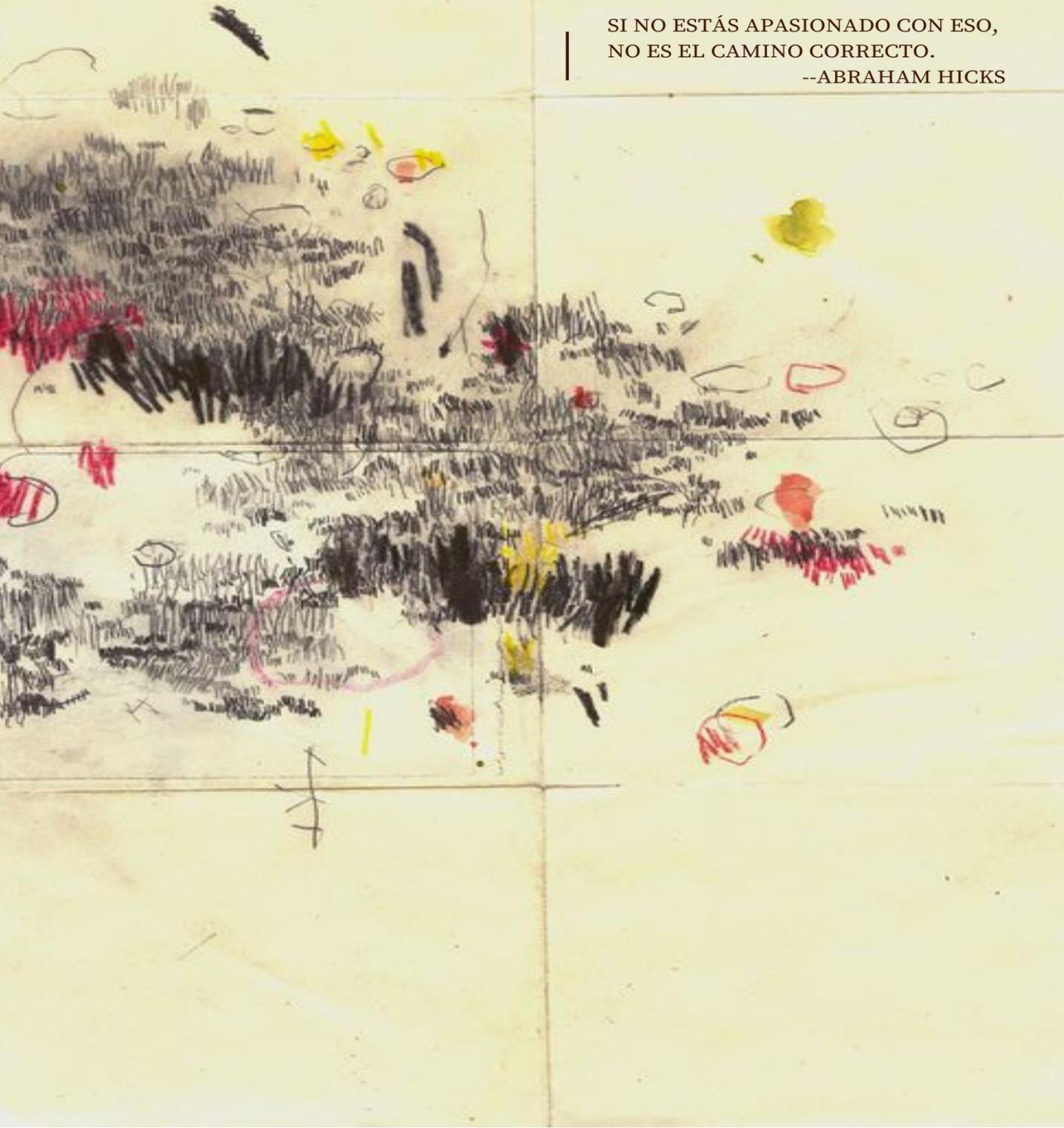
AGRADEZCO PLENAMENTE A CONACYT POR EL APOYO ECONÓMICO BRINDADO PARA PODER REALIZAR MIS ESTUDIOS DE MAESTRÍA Y PODER APLICAR ESTOS CONOCIMIENTOS EN EL CAMPO LABORAL SEA EN LA DOCENCIA, LA CONSTRUCCIÓN O EN LA INVESTIGACIÓN.

AGRADEZCO A MIS PADRES Y A MI HERMANO POR EL APOYO MORAL DE SEGUIR ADELANTE Y LOGRAR CULMINAR LA MAESTRÍA PARA PODER AVANZAR EN MI PROFESIÓN, A MIS AMIGOS POR NO DEJARME RENDIR EN LOS MOMENTOS MÁS DIFÍCILES DE LA TESIS Y SOBRE TODO A MIS PROFESORES DE LA MAESTRÍA, QUIENES SIN ELLOS NO HABRÍA TENIDO EL IMPULSO DE ENCONTRAR MI TEMA NI EL PANORAMA DE LA ARQUITECTURA HOY EN DÍA.

PROLOGO

SI NO ESTÁS APASIONADO CON ESO,
NO ES EL CAMINO CORRECTO.

--ABRAHAM HICKS





Prólogo

Esta investigación nació como resultado de un trayecto de aprendizaje en la arquitectura ecológica y sus ramificaciones, comenzando por allá del 2018 tomé distintos cursos de arquitectura y construcción por instituciones francesas e italianas que fueron creando las bases a mi interés por dedicarme a la arquitectura ecológica, mientras estaba tomando un curso sobre la calidad de vida del hombre y su relación e impacto en la vivienda, me surgieron intrigas y curiosidades que mi persona trataba de buscar sus respuestas, sus acercamientos y como abordarlos.

En mi planeación de cómo poder trabajar estos problemas de la arquitectura que me iban llamando la atención fui buscando que escuelas ofrecían maestrías en las cuales sus temas podían responder lo más cercano a estas intrigas, lo cual la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en su maestría de Arquitectura campo Arquitectura, Desarrollo y Sustentabilidad (ADS) que inicié mis estudios en el 2020, fueron respondiendo a cada intriga y cada duda que tenía, pero aún quedaba algo sin solucionar, alguna pregunta sin ser respondida, por lo que tuve que ir a Francia a las ciudades de París y Versalles en 2023 donde pude encontrar las respuestas que estaba buscando, esos temas y tópicos aprendidos en clase los podía ver realizados en ciertas zonas y secciones de estas ciudades de una manera natural.

Tuve que asistir a ciertos eventos realizados por la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Versalles y de Paris, donde en una conferencia sobre el futuro del hombre y la vivienda, me dejaba en claro que en todos lados existían estos problemas que había encontrado pero también daban respuestas, antes de regresar a México y poder asentar mis observaciones en los resultados de mi investigación me traje conmigo libros de apoyo de campo de la sociología y ecología francesa que sustentaban ciertos panoramas que no tenía contemplado, junto con la literatura italiana y mexicana de la arquitectura.

Al final, esta investigación fue tomando cuerpo, se pudo aterrizar en casos estudios concretos a los cuales necesitan ser observados y atendidos; el cariño que le he tenido a esta investigación la he dado a conocer a las personas que me han preguntado sobre mi tema, y transmito esta importancia del tema a mis alumnos futuros arquitectos para que se siga trabajando y cada vez más sean los arquitectos que logren generar un cambio en la arquitectura.

Espero poder extender esta investigación al doctorado para poder pulir las soluciones y los panoramas de la arquitectura en la que se pueden presentar y realizar y poder crear una mejora en la política pública para que se tome en cuenta este problema y se logre mitigar al punto de frenar la aparición y propagación del problema serio que es el Síndrome del Edificio Enfermo.





Índice

Prólogo	5
Introducción.....	10
1. Los efectos del Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) en las viviendas de Interés Social en la ciudad de Puebla.	16
1.1 Apoyos sociales y ecológicos que abordan estrategias para mitigar el Síndrome del Edificio Enfermo en la vivienda de interés social en la ciudad de Puebla	17
1.2 El Síndrome del Edificio Enfermo y las Islas de Calor Urbanas: complicaciones en la vivienda de interés social y en el ciudadano poblano.....	22
1.3 El habitante y la cotidianidad: medidas ecológicas para el mejoramiento de la vivienda de interés social ante el Síndrome del Edificio Enfermo	24
2. La arquitectura ecológica como ejemplo de aplicación en la vivienda de interés social de la ciudad de Puebla para la prevención del Síndrome del Edificio Enfermo.....	27
2.1 Normativas ecológicas para la vivienda poblana enfocados a la calidad de vida y la salud humana aplicadas a la vivienda de interés social.....	28
2.2 La importancia del patio en la vivienda de interés social para la salud física y mental del habitante.....	31
2.2.1 Aplicaciones de la naturaleza como recurso del diseño ecológico en la vivienda de interés social para la prevención del Síndrome del Edificio Enfermo	34
2.2.2 El Tercer Paisaje como estrategia para la mitigación del Síndrome del Edificio Enfermo	36
2.3 El modelo del balance bioclimático de edificaciones (Bbio) y su aplicación para la mitigación del Síndrome del Edificio Enfermo	38
3. Aplicación del modelo ecológico del balance bioclimático de edificaciones como complemento para el diagnóstico del “Síndrome del edificio enfermo” en los casos de estudio: Unidades habitacionales de La Margarita y San Bartolo, de la ciudad de Puebla.	42
3.1 Análisis de las nuevas obras de viviendas de interés social INFONAVIT en clima templado subhúmedo	52
3.2. Aplicación del método del balance bioclimático de edificaciones (Bbio) en viviendas de interés social de Puebla.....	59
3.3 Análisis del balance bioclimático en la vivienda del INFONAVIT San Bartolo y del INFONAVIT La Margarita	61
Conclusiones	75
Anexos.....	77
Anexo 1. Tabla programa de diseño sustentable	78
Anexo 2. Matriz de planeación de proyecto ecológico (de acuerdo con clima, sitio, sector arquitectónico)	83



Anexo 3. Cálculo de balance bioclimático para la vivienda en San Bartolo, Puebla.....	84
Anexo 4. Cálculo de balance bioclimático para la vivienda en La Margarita, Puebla.....	85
Bibliografía.....	86





Introducción

En los últimos años mucho se ha discutido sobre el efecto de los edificios en los usuarios y su salud tanto física como mental. Algunos autores titulan a los efectos negativos causados por el mal mantenimiento de los edificios afectando de manera proporcional a la salud de los usuarios como el “síndrome del edificio enfermo” (Burge, 2004). Al respecto, algunos investigadores han propuesto que mediante la arquitectura ecológica es posible solucionar, mitigar o en el mejor caso prevenir dicha problemática (Boldú & Pascal, 2005). El “síndrome del edificio enfermo” está estrechamente ligado a los efectos del cambio climático (Gallo & Romano, 2017) hacia los problemas de salud de los usuarios (Burge, 2004), como también al uso y descuido de las edificaciones (Alsmo & Holmberg, 2007); razón por lo que la arquitectura ecológica busca mejorar el bienestar del usuario y crear una saludable habitabilidad del inmueble (Boldú & Pascal, 2005).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) describe el Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) como el conjunto de molestias ocasionadas por la mala ventilación, la descompensación térmica, las cargas electromagnéticas y las partículas y vapores de origen químico en suspensión que circulan por el edificio en el que se vive o trabaja (Aldes, 2015), también al conjunto de enfermedades y molestias que perciben los ocupantes en un edificio (Soler & Palau, 2017); la OMS estima que al menos el 30% de los edificios modernos y entre el 80 y 90% de los edificios antiguos son afectados por este Síndrome y que afectan a la salud física y mental de aproximadamente entre el 10 y 30% de sus ocupantes (Soler & Palau, 2017). Esta problemática en aspectos económicos y sociales afecta a la productividad del individuo, la *US Environmental Protection Agency* (EPA) en 1989 (Boldú & Pascal, 2005) menciona que uno de los factores importantes en la calidad de vida de los usuarios es la estancia o permanencia dentro de este tipo de edificios, donde pasan aproximadamente entre 80 y 90% de su tiempo laboral (Alsmo & Holmberg, 2007), esto sigue reflejándose en la actualidad, tras la pandemia del COVID, las personas han optado el quedarse más en casa, ya sea trabajando desde casa o tomando clases en línea, al igual que las salidas de entretenimiento y convivencia han cambiado y se han acoplado a los nuevos hábitos de la población en permanecer más en espacios interiores que en el exterior (Broche Pérez, Fernández Castillo, & Reyes Luzardo, 2020).

Al ser el “síndrome del edificio enfermo” un conjunto de enfermedades y malestares presentes en el edificio construido afectando al o a los usuarios (Alsmo & Holmberg, 2007), entendemos que está presente en cualquier tipo de construcción, por ejemplo aquellas construcciones antiguas que al no darles mantenimiento tanto en las cuestiones como sus sistemas estructurales, las instalaciones y los acabados; van presentando patógenos que en un tiempo prolongado puede afectar gravemente a todo aquel que lo ocupe (Pereira Da Silva, 2021), llegando al punto de caerse parcial o en su totalidad el edificio (Burge, 2004). Esta investigación toma como ejemplo la vivienda de interés social, como referente para explicar los problemas que el síndrome puede impactar en la arquitectura y mostrar y demostrar de qué forma la arquitectura ecológica puede solucionar este problema arquitectónico.



Pese que la vivienda es el objeto mercantil común en la construcción; la Vivienda de Interés Social es la que menos se le ha dado el correcto interés pese a existir programas de apoyo gubernamentales; a pesar de que la Constitución Mexicana en su artículo 4 (Secretaría de Salud, Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículo 4°, 2015) nombra que

“Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo”.

Sin embargo, estos derechos no han sido garantizados en la vivienda de interés social, logrando aportar el bienestar y confort que dicta la ley al ocupante (Ávila García, Calderón Villegas, & Salas Espíndola, 2021). Esta situación genera que las VIS tengan como problemas el síndrome del edificio enfermo ligado al mal diseño analizado mediante el dimensionamiento de los espacios y el impacto térmico en su arquitectura.

La vivienda de interés social que tomamos como ejemplo la situamos en dos Unidades Habitacionales más antiguas de la ciudad de Puebla: San Bartolo y Las Margaritas; se eligieron estas Unidades dado a que al ser construidas antes del sismo de 1968 (Ortega George, Agua Santa, San Bartolo y San Ramón, las colonias que llegaron al sur de Puebla, 2022) no cuentan con las mejoras que se hicieron en la arquitectura habitacional en México para la seguridad de este tipo de construcciones, y mencionando lo que Ortega (2022) remarca de la fragilidad que estas viviendas están viviendo ante un sismo pueden caerse, se desprenden partes de las fachadas o existen fugas de tubería creando humedad en muros y techos, que a corto plazo afectan al habitante (Aldes, 2015). En este contexto, las viviendas de interés social presentan visualmente problemas físicos, puesto que al no estar diseñadas basándose en los lineamientos actuales que marcan tanto el Reglamento de Construcción como las Normas Técnicas Complementarias, se vuelven en viviendas deficientes que a mediano plazo presentan problemas que necesitarán de mantenimiento, convirtiéndose en un inconveniente que el usuario no puede pagar por dichas modificaciones, acabando en el abandonando del hogar y buscar el adquirir otra vivienda que necesite menos mantenimiento o modificaciones. El síndrome del edificio enfermo también afecta al sector económico, puesto que el usuario debe de invertir de sus ganancias para la mejora de sus casas haciendo que sea más costoso el resolver por ellos este problema que el adquirir otra vivienda, del mismo modo estos usuarios presentan enfermedades que hacen que su capacidad de producción disminuya afectando a empresas y escuelas en la calidad de producción, ya que tienen que pagarse por atenciones médicas genera una alteración en la economía familiar que puede afectar seriamente a la población (Ávila García, Calderón Villegas, & Salas Espíndola, 2021).

A través de un estudio de caso de vivienda pública en el sur y oriente de la ciudad de Puebla, se busca diagnosticar y evaluar mediante un modelo de arquitectura verde, cómo este tipo de herramientas logran prevenir el síndrome del edificio enfermo al generar una buena calidad de vida, el trabajar con modelos de la arquitectura ecológica, como por ejemplo el “Balance bioclimático de edificaciones” (Adrait, Battail, Michaud, Sommier, & Zambon, 2012), podemos abordar puntos para poder mejorar las condiciones de habitabilidad (Bosi, 2022) en la construcción de viviendas, generando diagramas analíticos en la arquitectura que consideren dichos aspectos que promuevan el bienestar humano en viviendas de interés social; dando como resultado un análisis y diagnóstico de posibles errores en el diseño de estas viviendas sirviendo como guía para el seguimiento sistemático para combatir la posibilidad de aparición y propagación del Síndrome del edificio



enfermo. Este tipo de modelo toma importancia para poder generar políticas públicas para la vivienda de interés social, las cuales se enfoquen a mejorar la calidad de vida y el bienestar de las viviendas, prevenir la presencia de problemas de salud física y mental y reducir la incidencia de enfermedades graves de los usuarios en las viviendas, enfocándose en aquellas de interés social, mediante el uso de estrategias de diseño ecológicas.

Lo que a continuación se va a plantear en esta investigación son mediante tres capítulos como el síndrome del edificio enfermo es abordada por la arquitectura, siguiendo por la demostración de ejemplos, en este caso la vivienda, para terminar con las alternativas y estrategias que la arquitectura ecológica ofrece para resolver tales inconvenientes.

En el primer capítulo abordamos la relación del síndrome del edificio enfermo y la vivienda de interés social, dicha relación la observamos en una crítica a cómo distintas organizaciones sociales tienen programas de apoyo para el bienestar del ser humano mediante viviendas ecológicas, estos apoyos tanto gubernamentales como no gubernamentales impulsan al habitante a generar cambios en sus hábitos y comportamientos hacia una forma de vida sana y ecológica, a su vez se explica y aclara el cómo el cambio climático y el calentamiento global impactan negativamente en la vivienda al incrementar ciertas enfermedades que el síndrome contempla, un ejemplo de este caso son las islas de calor, que afectan directamente a las construcciones y a sus ocupantes causando problemas serios que las edificaciones no pueden solucionar, terminando el capítulo con el usuario mismo y su interacción directa con el síndrome y cómo sus actividades y hábitos pueden también generar la propagación del SEE, este capítulo es importante para entender la gravedad del síndrome y darle su correcta intervención para la mejora de la calidad de vida, puesto que preservar la arquitectura es preservar la sociedad.

El segundo capítulo se aborda el uso y aplicación de la arquitectura ecológica en la vivienda en Puebla, comenzando con un estudio y crítica a las normativas ecológicas que el Estado de Puebla tiene y cuáles abordan aspectos asociados al síndrome para su mitigación y/o erradicación, para esto se explican de qué forma los diferentes escenarios que el síndrome del edificio enfermo puede presentarse en la arquitectura son contemplados en su mayoría o en su totalidad en los artículos de la Ley de Vivienda del Estado de Puebla, una vez que se estudiaron las cuestiones de los reglamentos abordamos el uso de una estrategia de diseño ecológico que varios autores sugieren para mitigar y prevenir al síndrome es el uso del patio, el patio en este capítulo es abordado como herramienta de arquitectura ecológica para el bienestar de la salud física y mental del ocupante, es por eso que este mismo capítulo se implementa el uso del Tercer Paisaje, concepto creado por el arquitecto y paisajista francés Gilles Clément, el cual es una estrategia de naturalizar espacios en la arquitectura para el bienestar social aplicado en patios de viviendas, balcones, terrazas y azoteas. Estos espacios sirven como recintos de sanación y convivencia mediante la naturaleza, aspecto necesario para la mejora e incremento de la calidad de vida. Terminando con el uso y análisis de una herramienta de la arquitectura ecológica: “balance bioclimático de edificaciones”, el cual es un modelo ecológico para diagnosticar ciertos problemas presentes en edificaciones, en este caso para objetivos de la investigación usamos los puntos necesarios del modelo para diagnosticar si el edificio puede presentar la aparición del síndrome del edificio enfermo (Adrait, Battail, Michaud, Sommer, & Zambon, 2012).



Por último, el tercer capítulo analizamos la aplicación de las estrategias de la arquitectura ecológica para combatir al síndrome del edificio enfermo, en este caso los casos de estudio son dos Unidades Habitacionales antiguas de la ciudad de Puebla, sin embargo en esta investigación solo se tomaron dos departamentos de dos edificios, uno de cada complejo habitacional: San Bartolo y Las Margaritas, se desglosa el modelo del balance bioclimático, generando una observación mediante comparativas de los resultados de cada punto y se proponen qué estrategias ecológicas se pueden utilizar para la mejora de dichos valores y prevenir la aparición del síndrome a mediano y largo plazo. Este capítulo es la cúspide de esta investigación, pues se ponen a prueba lo analizado en los capítulos anteriores para trabajar por el bien del habitante. Cabe aclarar que el uso de la vivienda (de interés social) es meramente un ejemplo para mostrar y demostrar que el síndrome del edificio enfermo puede presentarse en cualquier tipo de construcción y cómo la aplicación de la arquitectura ecológica puede lograr mejoras importantes para la habitabilidad y calidad de vida.



An illustration of a family in a cluttered living room. A man in a blue shirt sits on the floor with a young boy on his lap, both looking at a large bowl of white foam. A woman in a black top sits on the floor nearby. In the background, another woman and a child are visible. The room is filled with various items like a coffee table, a dog, and framed pictures on the wall. The overall style is a soft, painterly illustration.

Los efectos del

Síndrome del Edificio Enfermo (SEE)

en las viviendas de Interés Social en la ciudad de Puebla

Capítulo 1



Los efectos del Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) en las viviendas de Interés Social en la ciudad de Puebla.

La importancia de este tema es sobre los aspectos presentes en las viviendas de interés social por el Síndrome del Edificio Enfermo (Leoto, Lizarralde, Oliver, Petter, & Roy, *Les bâtiments verts sont-ils vraiment performants? Leçons d'une étude post-occupation de la Maison du développement durable*, 2018). El 'síndrome del edificio enfermo' (SEE), es un tema de gran importancia en la arquitectura debido a sus efectos nocivos en las edificaciones repercutiendo de manera temporal o permanente en la salud de las personas (Burge, 2004). El SEE aborda cualquier sector de la arquitectura, sin embargo, nuestro objeto de estudio es en las viviendas de interés social, pues es donde un gran número de la población vive y coexiste (Chadoin, 2021).

Entender este tipo de viviendas como un entorno o conjunto que socializa e interactúa (Chadoin, 2021) (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022) genera mayor preocupación pues los efectos del SEE se pueden propagar en otras viviendas dentro y fuera del conjunto. En este capítulo se analizan los diferentes tipos de apoyos gubernamentales y no gubernamentales para el bien de la vivienda mexicana, observando de qué manera trabajan en los aspectos de salud y sustentabilidad y si estas acciones de ellos repercuten en el fenómeno de la salud del SEE (Häuplik-Meusburger, Bishop, & Wise, 2022), a su vez se analizará la relación, causa e impacto de las islas de calor con relación al Síndrome del Edificio Enfermo y viceversa, valorando estrategias ecológicas que permitan la mitigación de ambos fenómenos (Anzoátegui, 2015).

Para finalizar, el SEE tiene un impacto directo en el usuario (Chadoin, 2021). El usuario/habitante por sí mismo puede generar un cambio y verse reflejado en su entorno, cómo sus acciones ecológicas combaten a diferentes problemas de salud que juntas pueden afectar mortalmente la salud y calidad del ocupante, una característica del ser humano es su capacidad de afrontar dificultades y poder salir adelante (Ávila García, Calderón Villegas, & Salas Espíndola, 2021). Es relevante trabajar en conjunto con otros individuos y con la naturaleza puede garantizar un incremento en su calidad de vida y alargar su tiempo de vida al igual que el tiempo de vida de un edificio (Jabbar, Mohd Yusoff, & Shafie, 2021).



1.1 Apoyos sociales y ecológicos que abordan estrategias para mitigar el Síndrome del Edificio Enfermo en la vivienda de interés social en la ciudad de Puebla

En México, existen distintos tipos de apoyo para la vivienda de interés social. La Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) se encarga de apoyar a las familias que viven en condiciones de rezago habitacional, aquellos de alto índice de marginación, aquellas afectadas por violencia, las personas con alguna discapacidad y aquellas poblaciones originarias (Comisión Nacional de Vivienda, ¿Qué hacemos?, 2023). En el 2023, por ejemplo, se ejecutaron 2 programas de apoyo: el Programa Nacional de Reconstrucción (PNR) y el Programa de Vivienda Social (PVS) (Comisión Nacional de Vivienda, ¿Qué hacemos?, 2023). En el apartado de modalidades del PVS no se encuentra directamente algún apoyo que se encargue para el saneamiento de una vivienda, sin embargo, en las dos últimas modalidades que son Mejoramiento Integral Sustentable y Mejoramiento de Unidades Habitacionales (Comisión Nacional de Vivienda, Programa de Vivienda Social, PVS, 2019). A partir del análisis de estas políticas públicas podríamos inferir que al tratar de dar una corrección o enmienda a la vivienda se podría tratar aspectos que amortigüen al Síndrome del Edificio Enfermo, lo mismo con el Proyecto Emergente de Vivienda (PEV) donde en sus objetivos de promover acciones que garanticen el derecho de una vivienda adecuada sumado a sus tipos de acciones de vivienda que son ampliaciones y mejoramientos, se podría trabajar en aspectos de control del SEE (Comisión Nacional de Vivienda, Proyecto Emergente de Vivienda, PEV, 2020).

Otro tipo de apoyo gubernamental por parte de la CONAVI presentes en Puebla en sus periferias urbanas son Fovissste e Infonavit, apoyándonos sobre este último, INFONAVIT tiene dentro de sus servicios el apoyar a la población a construir, comprar y remodelar su vivienda, en los primeros apartados existe la posibilidad de que el ciudadano pida únicamente el apoyo económico o bien se apoye del servicio de guías o adquisiciones de planos de viviendas para el primer caso o de viviendas ya construidas para el segundo (INFONAVIT, Lo que puedes hacer con tu crédito Infonavit, s.f.). Un aspecto que se puede observar para el apoyo de Infonavit es en su apartado de préstamos y servicios donde marca que para obtener este tipo de ayuda tu sueldo mensual debe de ser de \$3,154 MX en adelante (INFONAVIT, Lo que puedes hacer con tu crédito Infonavit, s.f.), esto puede beneficiar al mexicano y sobre todo al poblano, ya que la ganancia mensual del poblano promedio ronda en los \$6,487 MX (DATA MEXICO, 2023). Sin embargo, existen trabajadores que ganan más de esta cifra al mes o menos, el apoyo está bien pues el cupo mínimo de salario es de \$3,154 MX que es casi la mitad del salario mensual del estado de Puebla.

El problema de este aspecto es que el poblano no recibe realmente tal cifra en sus ganancias, pues 2 millones de poblanos ganan \$100 MX diarios (Zambrano J. , 2022). Este ingreso se obtiene calculando que el poblano promedio trabaja 6 días a la semana, siendo al mes una ganancia de \$2,400 MX, esto comparado con la calculadora de Infonavit no les ofrece un apoyo para el crédito para vivienda (**Figura 1**), siendo que la mayoría de la población no tenga un apoyo gubernamental que les ofrezca algún servicio para mejorar su calidad de vida



Fig. 1 | Se puede observar el tipo de apoyo y desglose de servicio que Infonavit ofrece con un sueldo mensual mínimo \$3,154 MX, comparado con la tabla de la derecha que no ofrece ningún tipo de apoyo pues está por debajo de 1 UMA, las ganancias de \$2,400 o menos son comunes en el sector formal pero más común en el sector informal de acuerdo con el periódico del Sol de Puebla, revisado en 2023 con fecha de 2022.

En el aspecto ecológico, INFONAVIT dentro de su política ambiental menciona que previene la contaminación con el manejo responsable de sus residuos, reducción de consumo de agua, energía eléctrica y de gas, y generar una comunicación ambiental (INFONAVIT, Política ambiental, 2022). Estos indicadores son fundamentales para las estrategias base para la mitigación del SEE. Sin embargo, es importante señalar que el valor asignado en sus proyectos para atender estos puntos para entonces saber si INFONAVIT no siempre está generando una estrategia indirecta para prevenir problemas de salud en sus edificaciones.

Existen apoyos sociales y ecológicos no gubernamentales que también ayudan al bienestar del hogar y la vivienda, uno por ejemplo es Hábitat para la Humanidad, donde no solo buscan apearse al artículo 4° de la Constitución Mexicana, sino que se apegan al artículo 25° de la Declaración Universal de los Derechos Humanos en la que citan textualmente:

“Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los seguros en caso de desempleo, enfermedad, invalidez, vejez u otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad.” (Hábitat para el Habitante, s.f.).

De igual manera, en los programas del INFONAVIT, esta organización no tiene directamente un apartado para el SEE, pero si en sus aspectos individuales como el de dar disponibilidad de servicios, materiales, facilidades e infraestructura, como el aspecto de ‘habitabilidad’ que ofrecen junto con la de ‘accesibilidad’, fomentando la importancia del servicio y apoyo en protección y salud del habitante hacia su casa y del habitante en su casa (Hábitat para el Habitante, s.f.).

En general, podemos observar que muchos programas no visualizan al Síndrome del Edificio Enfermo como tal para abordarlo pero si en sus composición de problemas en la vivienda y el ciudadano, siendo que la mayoría solo marcan como mejoramiento en cierto punto o aspecto de la vivienda o en apoyos y servicios de cambio a una vivienda ecológica o sustentable; en lo observado opino que esto se debe a que el SEE no es un tema muy común de escucharse hacia el ámbito de la arquitectura por lo que no se le ha dado la debida importancia de atención y seguimiento, ya que si hacemos un análisis de información sobre temas del SEE, podemos ver que la mayoría son tesis y artículos que abordan la recuperación del enfermo por causa del SEE, y solo uno involucra a la



arquitectura del sector de la salud mencionando que el SEE en hospitales afecta a los pacientes, enfermeros y doctores por lo que los sistemas de ventilación e iluminación junto las de higiene deben de estar bien controladas para no contagiar a los ocupantes del edificio (Ruiz García, 2022). Por lo tanto, si no se puede atacar al SEE como aspecto general se puede abordar por sus singularidades, donde se pueden trabajar punto por punto en ciertos tiempos para mitigar un gran porcentaje del problema.

Por ejemplo, el apoyo gubernamental ECOCASA y el apoyo no gubernamental ÉCHALE manejan aspectos ecológicos como la de regularización y consumo de agua y energía eléctrica, apoyo en implementación de calentadores y paneles solares (Sociedad Hipotecaria Federal, Programas de Vivienda Sustentable, 2014) (ÉCHALE, s.f.), la diferencia es que ECOCASA está apoyada y apoya a las viviendas de interés social con INFONAVIT y FOVISSTE como por Bancos mexicanos como internacionales comerciales (Sociedad Hipotecaria Federal, Programas de Vivienda Sustentable, 2014) que ofrecen el apoyo, este programa de ECOCASA, podemos ver su gran utilidad en este tipo de vivienda ya que favorece a la creación de una conciencia y sociedad ecológica además de estar ligada a los análisis, observaciones y cálculos para las viviendas de cada diferente tipo de clima de la República Mexicana, por lo que deberá de regirse por los alineamientos gubernamentales hacia el diseño ecológico de la zona. Por lo que si analizamos su funcionamiento (Sociedad Hipotecaria Federal, EcoCasa. Programa de Cooperación Financiera, 2023) de eficiencia energética, consumo del agua, entorno urbano y huella de carbono podemos intuir que un buen manejo de calidad en cada uno de estos apartados favorecerá la mitigación del SEE.

Sin embargo, analizando distintas organizaciones de apoyo a la vivienda mexicana, se puede ver que aquellas que son gubernamentales apoyan a las viviendas de interés social mientras que las no gubernamentales apoyan a la vivienda popular o de autoconstrucción. Esto ocurre de manera independiente al sector social van dirigidos, los análisis que se hicieron, se compararon las estrategias ecológicas que trabajan cada una (**Figura 2**), donde se tomaron las que intervienen en el SEE, haciendo una gráfica de cuales son aquellas y el porcentaje en que las trabajan las distintas organizaciones (**Figura 3**) para terminar visualizando en forma escalonada dichas estrategias ecológicas abordadas por las organizaciones para la salud, bienestar y sustentabilidad en la vivienda que son referentes para la mitigación del SEE (**Figura 4**) (Gallo & Romano, 2017) (Alsmo & Holmberg, 2007) (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022) (Tanteri, 2006).



estrategias ecologicas

ECOCASA	HABITATMEXICO	CONSTRUYENDO	TECHO
EFICIENCIA ENERGÉTICA	ASISTENCIA MEDICA	AGUA Y SANEAMIENTO	AGUA Y SANEAMIENTO
CONSUMO DEL AGUA	EFICIENCIA ENERGETICA	EFICIENCIA ENERGETICA	REDUCCION CO2
ENTORNO URBANO	CONSUMO DE AGUA	ACCESIBILIDAD	ENTORNO URBANO
HUELLA DE CARBONO	SANEAMIENTO	SANEAMIENTO	INCREMENTO DE CONFORT
REDUCCION CO2	INCREMENTO DE CONFORT	REDUCCION CO2	CALIDAD DE VIDA
INCREMENTO DE CONFORT	HABITABILIDAD	CALIDAD DE VIDA	SANEAMIENTO
	ACCESIBILIDAD	INCREMENTO DE CONFORT	EFICIENCIA ENERGETICA
		ASISTENCIA MEDICA	

Fig. 2 | Tabla comparativa de diferentes programas u organizaciones sociales y ecológicas para la salud, bienestar y sustentabilidad de la vivienda mexicana, la cual enlista las estrategias ecológicas que abordan cada programa, elaborado por el autor.

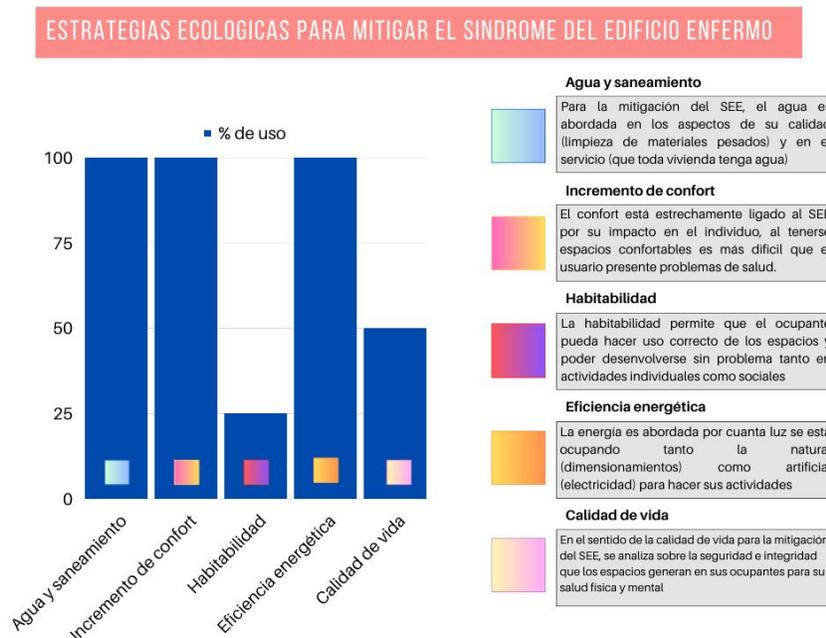


Fig. 3 | Gráficas de las estrategias ecológicas que pueden mitigar la aparición y propagación del Síndrome del Edificio Enfermo, analizando el porcentaje de uso por estas organizaciones, elaborado por el autor.



GRÁFICO ESTRATEGIAS PARA EL SINDROME DEL EDIFICIO ENFERMO

Las organizaciones enfocadas en los programas de la sustentabilidad en la vivienda mexicana priorizan los temas sobre confort termico, agua y energías, dejando atrás los temas de calidad de vida y habitabilidad.

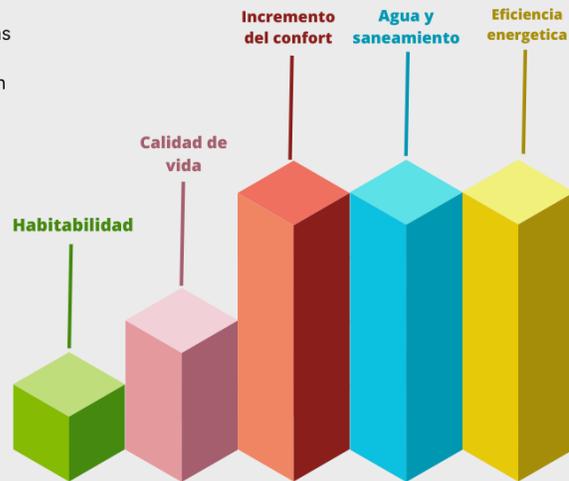


Fig. 4 | Gráficas escalonadas mostrando las tres estrategias más usadas en las organizaciones mexicanas para la vivienda saludable en México que son incremento de confort, agua y saneamiento y eficiencia energética, en segundo lugar, está la calidad de vida, quedando atrás la habitabilidad, elaborado por el autor.



1.2 El Síndrome del Edificio Enfermo y las Islas de Calor Urbanas: complicaciones en la vivienda de interés social y en el ciudadano poblano

El cambio y alteración del uso del suelo en ciudades sobrepobladas o con malas planeaciones urbanas (Patiño Tovar, 2004). Este proceso de sobrepoblación y falta de planeación urbana contribuye a que el mercado de la construcción sea más demandante, el problema en sí no es que las ciudades se extiendan el problema es que no se haga con un pensamiento ecológico y ambiental para el bienestar social (Agne, 2016). El cambio ecológico de un espacio o sitio debilita el balance ambiental del entorno generando consigo problemas a las ciudades (Ávila García, Calderón Villegas, & Salas Espíndola, 2021). Un problema que se puede analizar de este cambio ambiental son las Islas de Calor Urbano (ICU) (Adarsh Rao, Kara, & Sinha, 2022), problema ambiental que puede perjudicar a las viviendas (a cualquier tipo de vivienda) con referente al Síndrome del Edificio Enfermo.

La relación de estos dos fenómenos se presenta al afectar la calidad del entorno construido y a la salud de las personas que viven en las áreas urbanas, algunos de los aspectos que comparten para agravar la salud del ocupante son:

- I. **Elevadas temperaturas en los espacios interiores:** uno de los efectos de las ICU es aumentar las temperaturas interiores de los edificios, contribuyendo a generar condiciones incómodas y al estrés térmico; esta particularidad del aumento de temperatura es un factor que contribuye al SEE, ya que puede afectar gradualmente la calidad del aire interior y el bienestar general de las personas. El calor percibido y sentido en un espacio genera que la persona pueda sentirse cómoda si la temperatura exterior es menor a la de interior, ejemplo es en invierno o frentes fríos; mientras que puede volverse incómoda al haber una temperatura mayor en el exterior y una mayor en el interior, cuando esto sucede el individuo presenta una complicación médica la cual es la deshidratación ya sea agudo o grave (Adarsh Rao, Kara, & Sinha, 2022), si no es tratado correctamente y a tiempo puede causar problemas psicológicos e inclusive la muerte, este problema es más común de ser diagnosticado en niños y personas de mayor edad, sin embargo cualquiera está propenso de padecerlo y su agravamiento dependerá del historial clínico y acciones saludables que tome cada individuo (Santamouris, 2014).
- II. **Uso del sistemas de climatización:** los habitantes para poder contrarrestar las altas temperaturas causadas por las islas de calor, usan sistemas de climatización (en algunos casos un uso prolongado en todo el día), el uso continuo de la climatización es que al no proporcionar ventilación adecuada las personas pueden aumentar el riesgo de problemas de salud como la irritación de ojos, nariz y garganta, síntomas respiratorios (Miller, 2020), dolores de cabeza y migraña (Gon & Jeong , 2010), incluso dolores musculares y articulaciones (Adarsh Rao, Kara, & Sinha, 2022).
- III. **Contaminantes del aire:** las islas de calor pueden aumentar la concentración de contaminantes atmosféricos pudiendo ingresar a los edificios (Ghaeeni, 2021), la acumulación de estos contaminantes puede contribuir al SEE, ya que se relacionan con la aparición o exacerbación de síntomas como alergias, asma, entre otros problemas respiratorios (Adarsh Rao, Kara, & Sinha, 2022).



Para poder reducir el impacto y daño causado por las islas de calor, se recomienda crear cierta estrategia ecológica para el bienestar humano y su salud (Agne, 2016). Por ejemplo el aislamiento térmico, esta estrategia esta ligada con el primer punto visto de las alzas de temperatura en el interior, aislamientos como el poliestireno expandido o el extruido son de los más utilizados en el ámbito de la construcción y para impermeabilización de cubiertas respectivamente, las lanas como de vidrio y roca también sirven para resguardar los niveles térmicos de los espacios, materiales orgánicos como la fibra de madera y el corcho expandido ayudan gracias a su baja conductividad térmica y su durabilidad (Soporte Dinámico Industrial, 2023).

El siguiente punto es la ventilación natural, al promover una ventilación cruzada, permite que el aire fresco entre y circule por la edificación, esto ayuda a disipar el calor acumulado y mejorar la calidad del aire interior, la ventilación es importante ya que refresca el espacio con el intercambio de temperaturas lo mismo que al ser humano, refrescando su temperatura exterior evaporando y enfriando el sudor generando una temperatura corporal exterior baja causando que la temperatura corporal interior también se establezca (Ghaeeni, 2021).

Una tercera estrategia que ayuda a la mitigación (Adarsh Rao, Kara, & Sinha, 2022) es el control solar (Laquatra, Pillai, Singh, & Syal, 2008) (Ghaeeni, 2021), la cual en sus principios base propone el uso de cortinas, persianas, alerones, u otros elementos constructivos y de decoración que logre bloquear la entrada directa de luz solar en las horas más calurosas del día; logrando así, reducir la acumulación de calor en el interior (Leslie, 2003) (Gon & Jeong , 2010) (Ghaeeni, 2021).

El consumo desmedido de aparatos electrodomésticos generan calor adicional (Adarsh Rao, Kara, & Sinha, 2022), para poder evitar este aumento de temperatura se propone que los aparatos electrodomésticos estén ubicados en lugares con buena ventilación, estén separados de muros por lo menos de 15 a 30 cm, usar aquellos que sus etiquetas muestren que son de alta eficiencia energética y de mayor ahorro de energía eléctrica (Falagan, Montaner, & Muxi Martínez, 2011) (Alsmo & Holmberg, 2007) (Comisión Nacional de Vivienda, Proyecto Emergente de Vivienda, PEV, 2020) (Zhang, Kazanci, Levinson, & Chiesa, 2021).

Una quinta estrategia que podemos contemplar es el uso de la vegetación (Agne, 2016), la estrategia botánica de plantar árboles, arbustos y herbáceas (Gon & Jeong , 2010) (Escobar del Pozo, Gomez Amador, González Trevizo, & Esparza López, 2015) ayuda a las edificaciones a enfriar el entorno, alargando esta estrategia como barrera solar y eólica (Agne, 2016) con los árboles actuando como barreras naturales contra los vientos calientes (Agne, 2016).

Estas formas de contrarrestar los efectos causados de las islas de calor también ayudan a mitigar las problemáticas de salud que genera el Síndrome del Edificio Enfermo (Burge, 2004), estas técnicas se pueden aplicar en cualquier tipo de edificación, revisando cual es el tipo de edificio, donde está ubicado, cual es la temperatura exterior para generar una reducción de temperatura y crear espacios de frescura para la salud humana (Anzoátegui, 2015) (Agne, 2016) (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022).



1.3 El habitante y la cotidianidad: medidas ecológicas para el mejoramiento de la vivienda de interés social ante el Síndrome del Edificio Enfermo

El usuario/habitante mediante sus actividades y acciones moldea su entorno para sentirse perteneciente en el espacio habitado, sus acciones por más simples que puedan parecer en una repetición de tiempo pueden generar un cambio (Heller, 1975) (Chadoin, 2021). En esta investigación se analiza qué relación tiene el quehacer cotidiano del habitante de la vivienda de interés social con la mitigación del Síndrome del Edificio Enfermo, para encontrar la eficacia de estas acciones, como aspectos cualitativos de la investigación para un diseños de vivienda de interés social que sea sano para sus habitantes de mayor edad.

En la cotidianidad del usuario, sus actividades pueden reflejar su forma de desenvolverse y socializar, pero también refleja el cómo se sienten y ven ellos mismos, les da un significado a sus tiempos compartidos o individuales (Chadoin, 2021). Las actividades caseras no deben de ser un tema que no se aborde en la arquitectura, pues se vuelven parte de la rutina del hombre (Wagner, 2023) (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022). Para la mitigación del SEE, estos quehaceres son de igual importancia (Canales, 2021), incluso pueden estar estrechamente relacionados con las estrategias ecológicas en la edificación para la disminución del SEE (Alsmo & Holmberg, 2007). Las actividades más relevantes y pertinentes para mejorar la calidad del aire interior, reducir la exposición a contaminantes y promuevan un entorno saludable son (De Hoyos Martínez, Ángeles, & Jiménez Jiménez, 2015) (Canales, 2021) (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022) (Eldorado Immobilier, 2022). Algunas de estas estrategias incluyen:

Ventilar los espacios, el abrir las ventanas regularmente permite que el aire fresco entre y salgan los contaminantes interiores, esta acción permite al individuo llenarse de energía al abrir las ventanas, indirectamente con la acción de abrir las cortinas/persianas (Alsmo & Holmberg, 2007). Esta estrategia genera que el usuario vea el horizonte y pueda animarse a hacer sus actividades del día, sin embargo. Sin embargo, hay momentos que abrir las ventanas no generan un beneficio al interior (Boldú & Pascal, 2005) y es cuando en el exterior existen factores como polvo de construcción, polen si es alérgica la persona, o en el caso de quienes viven cerca de los volcanes las cenizas generadas por las fumarolas o pequeñas erupciones de fase I y II del volcán (De Hoyos Martínez, Ángeles, & Jiménez Jiménez, 2015).

Tener plantas en los espacios internos o en el patio, la incorporación de vegetación dentro de las viviendas ayuda a purificar el aire al absorber los compuestos químicos en el aire (Agne, 2016), además de que liberan oxígeno beneficioso para la salud humana (Clément G. , La sabiduría del jardinero, 2012). El uso de la vegetación debe de ser respaldada con la atención al habitante (Clément G. , La sabiduría del jardinero, 2012). Es decir, es importante conocer si el habitante no tiene problemas de alergia que se pueden agravar con el polen, pudiéndolas ubicar en los espacios donde hay más ventilación directa permitiendo que el polen sea removido del espacio, en el exterior sirve como primer filtro ante los accesos de las casas contra nubes de polen, insectos, aire fuertes que puedan ingresar a la casa (Baker, 2020).



Trapeo, barrido y limpieza de los espacios del hogar, este último punto lo dejamos al final por ser de las principales acciones para una buena calidad de vida y calidad de aire en el espacio, su importancia está estrechamente ligada a la mitigación del Síndrome del Edificio Enfermo. El polvo y la suciedad son generadas particularmente por la acumulación de polen, tierra, piel muerta, insectos o polvos esparcidos por ellos, caspa o pelo de animales (gatos, perros, roedores), residuos de comida, etc. (King, 2017). Estrategias de limpieza doméstica tales como trapear, barrer y limpiar los espacios permite que polvos y otras suciedades sean removidas y auxiliándose con las ventanas abiertas permite que sea más fácil y sano hacer estas acciones evitando inhalar el polvo o ingresen en los ojos, boca y garganta (Lauren, 2023). Al final de la actividad es recomendable lavarse las manos con agua y jabón para evitar ensuciar y contaminar superficies (King, 2017).

La importancia del buen cuidado y mantenimiento del hogar en los espacios interiores mediante la limpieza es una rutina que la gente ha adquirido, y que beneficia potencialmente a la salud y calidad de sus habitantes (Wagner, 2023), ciertas actividades tienen un impacto mayor frente al Síndrome del Edificio Enfermo (**Figura 5**) evitando su posible (re)aparición o extensión (Boldú & Pascal, 2005).



Fig. 5 | Gráfica de las actividades de limpieza que pueden mitigar la aparición del SEE, se analiza mediante tres factores: el primero es el consumo de energía, es decir cuánta energía ocupa la persona para realizar dicha actividad; seguido del tiempo de trabajo, mostrando cuánto tiempo tarda la persona en poder cumplir con la actividad; por último la mitigación del SEE, reflejándose el impacto a la mitigación de este fenómeno, pudiendo observar que aquellas actividades que involucran el lavado impacta de una forma mayor a la mitigación del SEE como aquellas donde se trabaje en la cocina y el baño ya que son focos de infección y propagación de hongos y otros agentes patógenos, realizado por el autor.

La arquitectura ecológica

como ejemplo de aplicación en
la vivienda de interés social de
la ciudad de Puebla

para la prevención del
Síndrome del Edificio
Enfermo

Capítulo 2



La arquitectura ecológica como ejemplo de aplicación en la vivienda de interés social de la ciudad de Puebla para la prevención del Síndrome del Edificio Enfermo

La arquitectura ecológica es usada hoy en día como respuesta crucial a los desafíos ambientales y de salud que enfrenta la sociedad moderna. En la ciudad de Puebla, este tipo de arquitectura ha podido dar un paso significativo en su implementación en la filosofía social y arquitectónica para el estudio de prevención del síndrome del edificio enfermo buscando fomentar un entorno habitable y sostenible para sus habitantes

Las normativas ecológicas establecidas para las viviendas en la ciudad de Puebla buscan la integración de aquellos elementos que promuevan la salud y el bienestar de los residentes, así como la conservación del entorno. En este capítulo se evaluarán los distintos tipos de normas para la arquitectura ecológica en Puebla. El capítulo presenta la manera en la que se generan cada uno una solución a los problemas del habitante, para que al final mediante una comparativa se observen cuales reglamentos abordan y en qué aspecto la prevención del SEE.

Por otra parte, este capítulo analiza el concepto/principio del patio en la vivienda social. El patio provee vegetación y elementos paisajísticos en la vivienda, pero sobre todo contribuye al 'tercer paisaje, término creado por el arquitecto paisajista Gilles Clement, El 'tercer paisaje' engloba a las áreas verdes más allá de los límites convencionales de la vivienda como parques y espacios públicos. Este principio también incluye a los espacios naturales dentro de la propia vivienda abordados en los patios, terrazas, azoteas y balcones; siendo una incorporación como estrategia de arquitectura ecológica para mejorar la calidad de vida de los habitantes de viviendas de interés social.

En la misma línea de las estrategias de la arquitectura ecológica, se ha propuesto una herramienta de la arquitectura bioclimática que es el balance bioclimático de los edificios (Bbio) (Cardelus, 2018) El balance bioclimático de los edificios busca aprovechar las condiciones climáticas locales para reducir la necesidad de energía artificial para calefacción y refrigeración, mediante la orientación adecuada de las viviendas, la elección de materiales con propiedades térmicas eficientes y el diseño de aperturas que permitan la ventilación cruzada generando un ambiente interior saludable y sostenible para la prevención del Síndrome del Edificio Enfermo.



2.1 Normativas ecológicas para la vivienda poblana enfocados a la calidad de vida y la salud humana aplicadas a la vivienda de interés social

En la ciudad de Puebla existen normativas para la construcción de viviendas ecológicas de acuerdo con el Programa de Desarrollo Sustentable del municipio de Puebla (Contreras Ruíz & Ríos Bermúdez, 2021). El marco de planificación urbana en Puebla considera dentro de sus estrategias realizar viviendas de puedan ser resilientes ante el cambio climático (Martínez Portugal & Suriano Chacón, 2022).

Analizaremos primero el reglamento de la Ley de Vivienda para el Estado de Puebla emitido por el Gobierno de Puebla en Julio del 2023. Iniciando con una profunda revisión, se abordan aspectos de sustentabilidad y ecología que deben de ser aplicados en la vivienda. Sin embargo, uno de los objetivos principales de esta investigación es analizar detalladamente si esta Ley menciona o actúa para la calidad de vida y la salud humana que puedan ser aplicadas en las viviendas de interés social y diagnosticar si sus reglamentos y artículos pueden estar tratando aspectos del Síndrome del Edificio Enfermo de manera directa o indirectamente. Analizando sus 85 artículos divididos en 15 capítulos (**Figura 6**). De en este marco regulatorio, 15 artículos se refieren a la vivienda de interés social, tres capítulos a los programas de vivienda ecológica para las viviendas de interés social con un total de 21 artículos correspondientes. Dentro de esta Ley de Vivienda los temas de ecotecnias son mencionadas vagamente y solo ubicadas en 3 artículos, donde se mencionan que estas viviendas deberán de contar con ecotecnias para su mayor aprovechamiento los recursos naturales; en tema de salud son 6 artículos que lo abordan de manera general, sin enfatizar aspectos específicos y en el tema de calidad de vida del habitante son 9 artículos que lo mencionan en forma de darle importancia a la mejora de la calidad de vida en la vivienda. Un punto importante es que no se mencionan aspectos, medidas, especificaciones en el tema de salud como aspectos de salud física y mental en el habitante, en calidad no se menciona estrategias para generar mejoras en ellas, y los temas de luz y ventilación no mencionan aspectos de medidas, proporciones, funcionamiento, por lo que para el tema del Síndrome del Edificio Enfermo no lo aborda en particularidades dentro de sus artículos, sin embargo dentro del primer capítulo de la Ley de Vivienda menciona que esta Ley se apoya de otras Leyes y Reglamentos emitidos por el Gobierno de Puebla y por el Gobierno de México para el desglose y abordaje de algunos de sus artículos, como también puede apoyarse en otras legislaciones fuera del Estado y del país siempre y cuando se ajusten y tengan relación con los aspectos mencionados en las Leyes y Reglamentos de Puebla.

Esta Ley carece de lineamientos para los que realizan las viviendas para su Programa de Vivienda puedan diseñar las viviendas ecológicas para aquellas de interés social con medidas y estrategias adecuadas para generar una vivienda que aproveche los recursos naturales del sitio para la salud y seguridad del habitante (Gallo & Romano, 2017).



Análisis de los Capítulos de la Ley de Vivienda de Puebla

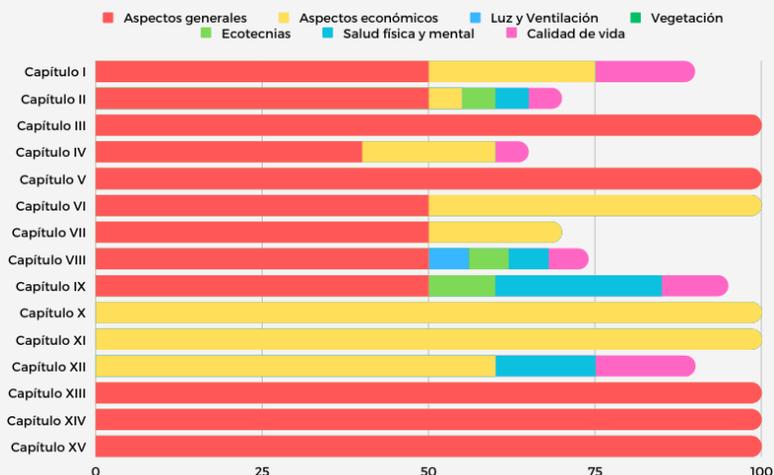


Fig. 6 | Análisis de los 15 Capítulos de la Ley de Vivienda de Puebla, analizando cuales son los que hablan de aspectos generales, cuales se enfocan a los aspectos económicos de programas ecológicos, cuáles hacen mención de luz y ventilación, qué capítulos toman a la vegetación como aspecto importante en la vivienda ecológica y sustentable para Puebla, cuáles hacen mención del uso de ecotecnias para las viviendas, si hay algunos capítulos que tomen como importancia la salud y la calidad de vida del poblano. Analizando esto, podemos observar que la Ley de Vivienda de Puebla no aborda la importancia de la luz, ventilación, vegetación, ecotecnias, salud y calidad como aspectos importantes y fundamentales en la planeación de sus viviendas. Gráfica realizada por el autor.

Para el segundo Reglamento, el Manual de Arquitectura Sostenible y Resiliente; de la misma forma que se analizó la Ley de Vivienda de Puebla, se hará con este para identificar si este trata aspectos particulares o generales para la mitigación y/o prevención del Síndrome del Edificio Enfermo.

En este manual se abordan temas como materiales de construcción, ecotecnias, protección de la vivienda de acuerdo con el sitio, iluminación y ventilación, posición espacial, uso de vegetación, ahorro energético, consumo de agua, tratamiento de agua, niveles de salubridad, control de niveles de CO₂, e infraestructura verde. Estos temas son de importancia y relevancia para el control del SEE, sin embargo, la extensión del abordaje de estos temas en este Manual, no muestran el cómo generar un diseño para el confort y bienestar de la persona en cuanto a protección y salud para la prevención del Síndrome del Edificio Enfermo.

Por otro lado, dentro de los reglamentos para el diseño de viviendas del país, existe un manual que puede complementar a este primero; Manual del Diseño Bioclimático (2021), en su apartado de Diseño Bioclimático para clima Templado Subhúmedo que es el que le corresponde a la zona norte de Puebla y al municipio capital de Heroica Puebla de Zaragoza, en este manual desglosa puntos y partidas importantes para el aprovechamiento de luz y ventilación natural, los distintos tipos de



confort, la morfología de las viviendas para su mejor aprovechamiento, etc., puntos que ayudan a abordar el control y prevención del fenómeno de la salud. Haciendo un análisis general de los distintos reglamentos y leyes que se tienen para el diseño de vivienda en Puebla (**Figura 7**) podemos observar cuáles son los que pueden tratar al SEE, dentro de qué temas, cuanto lo están abordando en sus particularidades y cómo lo desarrollan, ningún Reglamento, Manual o Ley del Gobierno de Puebla trata los aspectos del Síndrome del Edificio Enfermo en su totalidad si no que lo trabajan de forma fragmentada pero tampoco abordan estrategias para espacios de salud físico y mental del humano en cuanto se refiere a las formas intransitivas del acción humano¹, para la mejora de su calidad de vida.

Leyes y Reglamentos para la Vivienda en el Estado de Puebla

CONCEPTOS	Ley de Vivienda para el Estado de Puebla	Manual de Arquitectura Sustentable y Resiliente	Manual de Diseño Bioclimático
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	✓	✓	✓
ECOTECNIAS	✓	✓	✓
NIVELES DE SALUBRIDAD	✗	✓	✓
LUZ, VENTILACION Y VEGETACIÓN	✗	✓	✓
AHORRO ENERGETICO Y DE AGUA	✓	✓	✓
INFRAESTRUCTURA VERDE	✗	✓	✓

Fig. 7 | Tabla comparativa de los tres reglamentos de la vivienda ecológica en Puebla, analizando los conceptos que abordan la mitigación del Síndrome del Edificio Enfermo, en la primera columna se encuentra la Ley de Vivienda cuales conceptos aborda mayormente son el uso de materiales de construcción, uso de las ecotecnias y el ahorro de energía y agua, aunque no en su profundidad; en la segunda columna se encuentra el Manual de Arquitectura Sustentable y Resiliente que aborda aquellos conceptos que funcionan para la mitigación del SEE; mismo lugar se encuentra el Manual de Diseño Bioclimático para el clima de Puebla que aborda estos mismos conceptos que el anterior en una profundidad de mayor enriquecimiento para el diseño de arquitectura ecológica para las viviendas tanto de interés social, popular, medio y clase alta, como otro sector de la arquitectura. Tabla elaborada por el autor.

¹ De las formas transitivas del hacer del hombre las podemos ver en gráficos que muestran cómo el ser humano puede hacer tales acciones o actividades en destinados espacios arquitectónicos habitables, presentes en el COREMUN, Reglamento de Construcción, Manual del Diseño de la vivienda, etc.



2.2 La importancia del patio en la vivienda de interés social para la salud física y mental del habitante

Dentro de la arquitectura ecológica existe un espacio habitable en la vivienda que cumple una función importante como unión entre el habitante y el entorno, este espacio es el patio (Bosi, 2022), sin embargo, Gilles Clément añade a este grupo los espacios como balcones, terrazas e incluso las jardineras de las banquetas cercanas a la vivienda (Clément G. , La sabiduría del jardinero, 2012). La importancia de este espacio para la salud y calidad de vida del individuo es debido a su dualidad entre lo individual del espacio como refugio a las personas como en su conjunto aportando luz y ventilación a los demás espacios del inmueble (Cacciatore & Lui, Il clima nella casa. Sei case di Harquitectes a Barcellona, 2022).

Para Lefebvre en su obra “La producción del espacio” (2013 versión en español), el espacio es abordado de tres formas: el espacio social, el espacio mental y el espacio físico. Abordando el patio como un espacio social, lo identificamos como el sitio donde se generan comunicaciones y se estrechan las relaciones (Saitto, 2023), en las viviendas los niños juegan en el patio con los hermanos, los vecinos, amigos, familiares (Sim, 2022)., como espacio mental el patio funge como resguardo para las personas para desconectarse de su trabajo, escuela, obligaciones y poder estar un tiempo con ellos mismo (De Hoyos Martínez, Ángeles, & Jiménez Jiménez, 2015) para relajarse y recuperarse en cuanto a aspectos de salud mental (Bosi, 2022). Por último, como espacio físico como aquel palpable y tangible (Martínez Rivera, Soler Azorín, & Navarro Ferreros, 2022), como perteneciente del inmueble, aquel que está delimitado por muros, muretes, plantas, árboles, cercas, etc. (Cacciatore & Messina, Gli Iblei nella casa, 2023).

El patio es un concepto amplio por ser abordado, por ejemplo, Gilles Clément² o Xavier Monteys³ lo abordan desde la perspectiva de la arquitectura del paisaje como centro de conexión con la naturaleza urbana, o abordándose como elemento habitable en la vivienda y sus espacios, tenemos a Urs Peter Flueckiger (2019) con su obra “¿Cuánta casa necesitamos?” donde hace una crítica a Thoreau y Le Corbusier, para analizar la evolución moderna del patio en las viviendas; ambos autores no mencionan su importancia en las viviendas de interés social, pero arquitectos como Alejandro Aravena⁴ trabajan para darle al patio en viviendas de interés sociales y populares la misma importancia que en aquellas viviendas de sectores económicos mayores (**Figura 8**).

El patio, en su tipología geométrica puede ser moldeable y resiliente a los estilos de las viviendas, sin importar el tamaño de la superficie destinada, siempre y cuando cumpla con sus funciones, un patio no solo es dónde colocar macetas o figuras o aquel lugar para eventos familiares, el patio si es frontal es la introducción a la casa, a sus habitantes; el prólogo de quien vive y qué se vive allí, si es patio central es de valor de conexión, uniendo los demás espacios pasando por una zona de respiro dejando atrás el quién eras en esa habitación para ser alguien diferente en otra habitación, o en el patio trasero (que a veces es el de servicio) donde muestra el resumen de cada persona, pero

² En su obra “La sabiduría del jardinero” (2021) por Editorial Gustavo Gili

³ En su obra “La casa como jardín” (2021) por Editorial Gustavo Gili

⁴ Alejandro Gastón Aravena Mori, arquitecto chileno, 1967, ganador del Premio Pritzker 2016.



también un reflejo al despejarse más no desalojarse de los demás y de su entorno, una forma que quiere estar afuera pero a la vez adentro.

Cuando se realiza un diseño correcto de este espacio que realmente muestre y ejemplifique el carácter del habitante podemos estar ante un precursor de la calidad humana, la cual puede influenciar en los demás espacios del hogar.

El patio, sirvió como espacio fundamental para la seguridad y salud individual ante la pandemia del Covid-19 (Broche Pérez, Fernández Castillo, & Reyes Luzardo, 2020), donde la gente aprovechaba este espacio para poder sanarse mental y espiritualmente como para ejercicio físico (Andrés Pueyo, 2021); la salud mental es importante abordarla en la arquitectura debido a su relación con la percepción y pertenencia que los usuarios crean a los espacios habitables de una vivienda, la salud mental influye en el desarrollo social y laboral de las personas (Rilling, 2023), la factibilidad de que este espacio funcione para sanar a las personas es por ser un espacio abierto, el contacto con la luz solar de forma directa o semidirecta y los flujos de viento hacen que la persona pueda relajarse (Aragonés & Amérigo, 2010).

El problema se asienta en aquellas viviendas que no tienen el patio como espacio interno, un ejemplo son las viviendas de interés social que comparten un patio siendo un espacio comunitario que sirve como estacionamiento y como patio, haciéndolo de un lugar seguro a ser uno inseguro (Bilbao, La fantasía de la vivienda que habitamos, 2023).

Lo recomendable es que el patio esté situado en el centro de los conjuntos de inmuebles y que cada vivienda o departamento tenga un acceso secundario hacia el patio permitiendo la seguridad y privacidad de los habitantes. En Versalles pude experimentar como un patio que a su vez fungía como jardín (**Figura 9**) tanto de forma privada como pública, para los inquilinos de la zona cerca del jardín tenían dos puertas que conectaban al patio, ellos tenían su “*potager*” o huerto que era únicamente accesible para los inquilinos del complejo pero visible para el público general sin poder molestar las actividades de los inquilinos. Eso me hizo pensar cómo el patio-jardín⁵ puede ayudar a las personas para su salud mental, existen personas que son introvertidos y necesitan espacios seguros para ellos pero que pueda estar al aire libre, los patios-jardín sirven para que puedan hacer actividades dentro de la casa, pero fuera de la recámara; de la misma forma permite que los niños y adolescentes se adentren en la horticultura y conozcan sobre la mayoría de las verduras y frutas que comen (Hunziker & Frei, 2023).

⁵ Término que usa Gilles Clément en varios de sus obras, mismo término que maneja la Escuela de Paisajismo de Versalles como concepto arquitectónico ecológico que involucra al habitante a tener contacto con la naturaleza sin que esta abarque la totalidad del patio.



Fig. 8 | Vivienda social del proyecto Quinta Monroy (2004) en Iquique, Chile. Donde Aravena integró a los usuarios a que ellos “terminaran de construir” sus viviendas en los espacios asignados para la ampliación, donde cada familia podía expandir su hogar de la manera que necesitaran y fuese progresando; el patio podía tener una extensión en distintas partes del conjunto del inmueble, la flexibilidad de este diseño para el patio lo convierte en un elemento íntimo y público del residente. Imagen tomada de: <https://www.archdaily.mx/mx/790041/en-perspectiva-alejandro-aravena>, el día 5 de Julio del 2023.



Fig. 9 | El Jardín de los Recolets (Jardin des Recolets) ubicado en Versailles cerca del Castillo, su diseño comprende en el primer espacio un sitio para sentarse y observar las flores cultivadas por los inquilinos de su alrededor, el segundo espacio es una plancha de pasto en la que niños juegan entre ellos o con sus mascotas y algunos adultos se sientan a tomar el sol recostados en las bancas que están, el tercer espacio es un corredor donde se puede contemplar los diferentes estratos vegetales: arbóreos, arbustivos y herbáceos de la zona. Fotos tomadas en verano del 2022.



2.2.1 Aplicaciones de la naturaleza como recurso del diseño ecológico en la vivienda de interés social para la prevención del Síndrome del Edificio Enfermo

La naturaleza como elemento de aprovechamiento para la arquitectura ha tenido lugar desde las arquitecturas vernáculas hasta la modernidad con la arquitectura ecológica como son sus representaciones en la arquitectura bioclimática, la biomimética, las eco arquitecturas (eco brutalismo, eco minimalista, eco introspectiva, etc.) (Ferrara, 2022).

La naturaleza en la arquitectura se aprovechan sus elementos como la luz natural, el agua, la ventilación, el uso del suelo, la vegetación, pero también se aprovechan aquellos elementos como la seguridad, el confort, sentirse en un espacio amplio o en uno cerrado, es decir, aquellos elementos perceptivos también se aprovechan (Foti, *Il paesaggio nella casa*, 2009).

Para la vivienda de interés social, la naturaleza es un factor importante para la mitigación o prevención del Síndrome del Edificio Enfermo (Laquatra, Pillai, Singh, & Syal, 2008) (Escobar del Pozo, Gomez Amador, González Trevizo, & Esparza López, 2015) (Baker, 2020). Comenzando con la luz natural (Schuit, Ratnesar-Shumate, Yolitiz, Hevey, & Dabisch, 2020) como elemento de limpieza del espacio como de la persona. La luz natural ayuda a la regulación de temperatura, actúa como agente de desinfección y esterilización de superficies antes ciertas bacterias o virus en cierto grado de acuerdo con Víctor Jiménez Cid (Alsmo & Holmberg, 2007) (Schuit, Ratnesar-Shumate, Yolitiz, Hevey, & Dabisch, 2020) (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022).

La iluminación natural en la arquitectura permite que el espacio sea habitable (Gon & Jeong, 2010), la luz permite que el ser humano se sienta seguro en un espacio, permitiendo que identifique el espacio y conozca el sitio (Agne, 2016) (Bilbao, *Habitar, Espacio, Contexto y Collage*) (Cacciatore & Lui, *Il clima nella casa. Sei case di Harquitectes a Barcellona*, 2022). Otro recurso que se aprovecha del Sol es su energía, se aprovecha de forma directa en las viviendas con el uso de ecotecnia como los paneles solares y calentadores solares, para regular el consumo energético y su ahorro (Burge, 2004); como en cuestión de los aspectos térmicos de la vivienda (Adarsh Rao, Kara, & Sinha, 2022).

El confort térmico es importante para la salud y bienestar (Alsmo & Holmberg, 2007), debido a que los cambios bruscos de temperatura pueden afectar la salud física y mental de las personas (Wang, Yang, Deng, & Luo, 2023), un ambiente demasiado caluroso puede causar en las personas estrés por calor, deshidratación y agotamiento; mientras que espacios muy fríos pueden causar hipotermia, problemas respiratorias, cardiovasculares y de articulaciones (Molina, Donn, Johnstone, & MacGregor, 2023). El confort térmico debe generar que la vivienda tenga una temperatura adecuada para su habitabilidad (Association Qualitel, 2021), pues promueve el descanso, sueño y relajación influyendo positivamente en la calidad de vida del habitante (Vidhushini, Rajkumar, & Horrison, 2022); la productividad y el rendimiento es un aspecto que son beneficiados por el confort térmico en la vivienda, por ejemplo, en las viviendas de interés social el confort térmico beneficia a los niños y adolescentes que estudian pues aumenta su rendimiento escolar al estar en espacios cómodos para poder concentrarse, en el caso de adultos o de aquellos integrantes de la vivienda que trabajan, los espacios cómodos con una temperatura adecuada, permiten que puedan descansar, relajarse para poder tener un mejor rendimiento en el trabajo, concentrándose (Pacheco & Ramírez Pérez, 2021).



El segundo punto es la ventilación (Ghaeeni, 2021), se aprovecha por su relación con la reducción de sistemas de refrigeración artificiales, traduciéndose en ahorro de energía (Sali, 2023). Una ventilación bien planificada es esencial para garantizar una buena calidad de vida, los espacios de la vivienda que están bien ventilados pueden prevenir la acumulación de humedad y olores (Chen, Ozaki, Lee, Choi, & Arima, 2023), reduciendo así la aparición de problemas respiratorios y enfermedades relacionadas con la mala calidad del aire, aparición de hongo, de polvo; previniendo la aparición del Síndrome del Edificio Enfermo (Alsmo & Holmberg, 2007).

Para la arquitectura ecológica el viento se puede aprovechar de distintas maneras para las viviendas (Bosi, 2022), comenzando con el diseño de ventanas y aberturas colocándose en posiciones estratégicas para facilitar la entrada de viento y la salida de aire sucio generando un intercambio de flujo de aire (Alsmo & Holmberg, 2007); considerar en el diseño elementos arquitectónicos como tragaluces, claraboyas o lucernarios para permitir la salida del aire caliente y entre aire fresco (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022). El integrar corredores y patios dentro del diseño arquitectónico actúan como conductos de viento, canalizando el aire hacia el interior de las viviendas (Bosi, 2022).

La vegetación en la vivienda de interés social desempeña un papel esencial como promover un entorno habitable sostenible, saludable (Borowski, 2022); genera beneficios ambientales, sociales y psicológicos que mejoran la calidad de vida de los residentes (Elger, 2019). La vegetación en las viviendas de interés social pueden actuar como reguladores térmicos mitigando los efectos de las temperatura extremas (Adarsh Rao, Kara, & Sinha, 2022), en caso de las viviendas de interés social afectadas por las islas de calor urbanas, la vegetación puede ayudar a contrarrestar los efectos dañinos que el calor puede causar a la salud del habitante (Agne, 2016). La protección del sol y el calor por parte de la vegetación se puede aprovechar mediante su sombra, reduciendo la absorción de calor en verano y permitiendo la entrada de luz solar en invierno (Elger, 2019); además que la vegetación puede purificar el aire absorbiendo el dióxido de carbono y liberar oxígeno que mejora la calidad del aire para los habitantes ayudando a mejorar la salud y calidad de vida frente al Síndrome del Edificio Enfermo (Agne, 2016).

Algunos usos o estrategias de implementación de la vegetación en la arquitectura ecológica son por ejemplo en los diseños bioclimáticos donde se seleccionan especies vegetales autóctonas o adaptadas al clima local logrando una mayor eficiencia en el consumo de agua (Clément G. , La sabiduría del jardinero, 2012) (Ferrara, 2022); los techos verdes, ayudan a aislar térmicamente las viviendas reduciendo la carga de calefacción y refrigeración, aparte mejora la retención de agua pluvial evitando fugas dentro de las viviendas (Bigurra Alzati, González Sandoval, Lizárraga Mendiola, & Montel, 2018); paredes verdes, normalmente se usan enredaderas o trepadoras que mejoran el aislamiento térmico aparte de brindar una estética agradable (Willery, 2022); una estrategia puede ser la educación y participación comunitaria, la cual fomenta la participación de los residentes en el cuidado de la vegetación, promoviendo la conciencia ambiental y creando un sentido de comunidad mediante jardines y parques o áreas de descanso ajardinadas (Agne, 2016).



2.2.2 El Tercer Paisaje como estrategia para la mitigación del Síndrome del Edificio Enfermo

La importancia de áreas verdes en las viviendas actúa sobre los valores de salud y bienestar. En la ciudad existen espacios que pueden convertirse en hábitats o son hábitats o microhábitats ecológicos urbanos denominados como Tercer Paisaje, término acuñado por Gilles Clément en su obra del “Manifiesto del Tercer Paisaje”; estos espacios no cuentan con una escala fija en la ciudad y dependen del contexto y topografía de la ciudad misma. Los ejemplos más aceptados de este Tercer Paisaje en las ciudades son terrenos baldíos, parques, jardines, pero también patios residenciales, estos patios que con la flora en macetas o plantadas al suelo natural permiten un microhábitat urbano que promueva en cuestiones ecológicas la diversidad natural, en aspectos de la psicología ambiental un entorno rico en sanación física y mental (Clément G. , Manifiesto del Tercer Paisaje, 2018).

El Tercer Espacio es respaldado por el patio-jardín (Agne, 2016), cual fue uno de los aspectos arquitectónicos en tema de la crisis ambiental de 1800 frente a la ausencia de áreas verdes y la magnitud de áreas grises en la ciudad generando que la gente trabajadora se enfermase y en algunos casos falleciera (Salas Espíndola, 2021). La idea la llevó a cabo el biólogo urbanista Ebenezer Howard (Agne, 2016) teniendo un gran impacto en el siglo XX, tomando las ideas de la ciudad cooperativista junto con la cátedra de la relación del entorno natural con el ser humano. Su idea fue aceptada creando edificios que contasen con un patio jardín comunitario o individual donde la gente podía plantar sus alimentos o hacer uso sabio y recreativo de su jardín (Elger, 2019).

Gilles ha trabajado con la interacción hombre – naturaleza y comenta que el primer acercamiento del hombre urbano con la naturaleza es con su propio patio (jardín) (Clément G. , La sabiduría del jardinero, 2012), los espacios naturales en las viviendas generan aspectos positivos en el ser humano de manera física, mental y social (Jabbar, Mohd Yusoff, & Shafie, 2021). Estos espacios permiten al ser humano poder relajarse, meditar, descansar como también socializar, jugar, interactuar; el aprovechamiento humano del Tercer Paisaje genera resultados en sus condiciones físicas (haciendo ejercicio), en los aspectos psicológicos y mentales (antiestrés y meditación, relajación mental), social (interacción y relaciones), subjetivo (felicidad y gozo), ambiental (contemplar fauna y flora, riego y cuidado de plantas) (Jabbar, Mohd Yusoff, & Shafie, 2021). La interacción con el medio natural no tiene una regla en cuanto a su escala ni ubicación pues puede ser desde el patio trasero, la azotea como el balcón, la jardinera de la banqueta como ir al parque más cercano, lo importante es que esté bien diseñado, administrado y gestionado para poder aprovechar al máximo los beneficios que la naturaleza nos puede ofrecer.

En la vivienda de interés social el uso del Tercer Paisaje puede actuar como estrategia para mitigación del Síndrome del Edificio Enfermo mediante a la incorporación de espacios abiertos y áreas verdes en las viviendas de interés social permiten un mejor flujo de aire que puede ser aprovechado por los demás espacios del inmueble o del conjunto (Márquez & Reyes, 2021); la vegetación en el Tercer Paisaje ayuda a purificar el aire al absorber contaminantes que se encuentren en la zona, siendo que las plantas actúen como filtros naturales y contribuyan a mejorar la calidad del aire en el entorno cercano (Rodríguez Escudero, 2019); el Tercer Paisaje diseñado como espacio verde y abierto aportan beneficios psicológicos y emocionales al habitante, proporcionando lugares de relajación y esparcimiento para los usuarios, reduciendo el estrés y



mejorando su bienestar en general (Rodríguez Escudero, 2019); aspecto seguido es que motiva a las personas a realizar actividades físicas como caminar, correr o jugar, contribuyendo a un estilo de vida activa y saludable dando como resultado una mejora en su salud física y mental (Ávila Calzada, 2023); también el Tercer Paisaje puede proporcionar sombras y reducir la temperatura del ambiente mediante el uso de vegetación sobre todo árboles y arbustos generando islas verdes en las viviendas (Baker, 2020); un aspecto del Tercer Paisaje es que promueve la diversidad de especies de plantas y animales contribuyendo a la salud del ecosistema pudiendo tener un impacto positivo en la calidad del aire y la vitalidad del entorno (Márquez & Reyes, 2021).

El Tercer Paisaje puede funcionar como recurso de la arquitectura ecológica para restaurar la calidad del aire, crear estilos de vida saludables y promover la conexión con la naturaleza (Clément G. , Manifiesto del Tercer Paisaje, 2018). La vivienda de interés social para el bienestar de los residentes necesitan el apoyo de este nuevo recurso para poder beneficiarse de las cualidades y recursos de la naturaleza para su salud, seguridad y calidad de vida. En los conjuntos habitacionales, las viviendas de interés sociales tienen como espacio aprovechable para el Tercer Paisaje son sus balcones, azoteas y patios comunitarios (Ávila Calzada, 2023), pudiendo apropiarse de este último sitio como de sus azoteas de manera colectiva y social creando jardines caseros "*jardins domestiques*" o jardines urbanos residenciales "*jardins urbains résidentiells*" según describe Gilles Clément (Rodríguez Escudero, 2019) (Ávila Calzada, 2023). Creando distintas áreas de este Tercer Paisaje, por ejemplo un jardín de horticultura usando plantas comestibles como la remolacha (*Beta vulgaris*), cilantro (*Coriandrum sativum*), espinaca (*Spinacia oleracea*), rúcula (*Eruca vesicaria*), etc., su valor para el humano es en cuanto su nutrición; junto con un área para los polinizadores, para la estética visual, contemplación o para la salud del hombre como el tártago (*Euphorbia lathyris*), menta (*Mentha suaveolens*), romero (*Salvia rosmarinus*) o la lavanda (*Lavandula angustifolia*), etc.; el Tercer Paisaje en las viviendas de interés social debe de integrar a las familias y residentes, ser privado y a su vez público, crear un espacio de sanación ecológica para el ser humano y un espacio de apoyo al ecosistema por el ser humano, trabajando de esta forma, el Tercer Paisaje puede contribuir a la prevención del Síndrome del Edificio Enfermo de manera gradual o permanente dependiendo de la calidad del Tercer Paisaje en la y las viviendas como en su conjunto.



2.3 El modelo del balance bioclimático de edificaciones (Bbio) y su aplicación para la mitigación del Síndrome del Edificio Enfermo

El balance bioclimático es la evaluación de las interacciones entre el edificio y su entorno para optimizar la eficiencia energética y su confort térmico y su impacto ambiental (Gonçalves, 2020); su objetivo es diseñar edificios que aprovechen las condiciones climáticas locales para reducir el consumo de energía y mejorar la comodidad de los ocupantes (Degrigny, 2015). El balance bioclimático de edificios se realiza generalmente en la fase de diseño de un edificio (SDTech Bureau d'étude énergétique du bâtiment, 2019), ayuda a los arquitectos, ingenieros y diseñadores a tomar decisiones claras para optimizar el diseño y la disposición del edificio en función de las condiciones climáticas locales (Adrait, Battail, Michaud, Sommer, & Zambon, 2012), sin embargo, también se puede utilizar para evaluar el rendimiento de un edificio existente e identificar mejoras potenciales (Gonçalves, 2020).

El balance bioclimático de edificios es un modelo flexible, el cuál dependiendo del interés del evaluador puede analizarse solo una parte o su totalidad, esta totalidad puede diferir de otros balances bioclimáticos (Gonçalves, 2020), gracias a que el modelo sencillo solo considera tres aspectos: pérdidas térmicas, ganancias solares, emisiones de CO₂, se pueden agregar otros aspectos que requiera el diseño bioclimático (ACTERGIE, 2020). Existen arquitectos e ingenieros que, dependiendo de lo que busquen realizar en sus proyectos bioclimáticos o ecológicos, añadan otros aspectos de cálculos para generar su análisis total de balance bioclimático (Gonçalves, 2020).

Esta investigación toma como referencia el modelo base de Adrait et al. (2012), el cuál aborda los aspectos elementales de un balance sencillo, añadiendo los parámetros concernientes para la regularización, mitigación y prevención del Síndrome del Edificio Enfermo; por lo que en este análisis se suman los aspectos relacionados a ventilación, vegetación, salud, sustentabilidad y habitabilidad para poder crear un diagnóstico más cercano a la factibilidad del estudio.

Estos últimos factores que se añadirán a la investigación fueron tomados por valores asignados de acuerdo con tres docentes de la Universidad Nacional Autónoma de México, del nivel de posgrado quienes, en la trayectoria de sus cursos tomados, se pudo generar un aproximado de qué valor se le puede asignar a qué aspecto para después generar un análisis cuantitativo y cualitativo.

Para realizar el balance bioclimático (Bbio) (Adrait, Battail, Michaud, Sommer, & Zambon, 2012) (ACTERGIE, 2020) de una casa tenemos que desglosar la estructura del modelo, considerando los elementos añadidos al balance base:

- **Etapas 1: Colecta de información**

En este punto se debe de conocer la superficie total del inmueble, la orientación del edificio (el azimut de la vivienda), el aislante en muros, techos y ventanas (conocer la resistencia térmica), tipo de cristal de las ventanas (sencilla, doble, triple cristal), porcentaje de sombreado exterior (árboles, edificios vecinos, etc.), condiciones climáticas locales (temperatura media, asoleamiento anual, etc.)

- **Etapas 2: Cálculo de ganancias internas**

En esta etapa se debe de conocer los aspectos energéticos en la vivienda, por ejemplo, conocer el calor generado por los ocupantes (personas, aparatos electrónicos), el calor



generado por la iluminación y el equipo y/o el calor generado por las actividades domésticas.

- **Etapa 3: Cálculo de pérdidas térmicas**

En esta etapa, simultáneamente con la anterior se conocen los aspectos térmicos definidos por los materiales de construcción o del entorno, como es el caso de las pérdidas por transmisión a través de muros, ventanas, techo, etc., y las pérdidas por infiltración de aire no controlada.

- **Etapa 4: Cálculos de ganancias solares**

En esta fase de la evaluación debemos de ingresar los datos obtenidos por las estimaciones de ganancias solares directas a través de las ventanas en función a su orientación, y la estimación de ganancias solares indirectas debidas a la reflectancia sobre las superficies aledañas.

- **Etapa 5: Cálculo de la ventilación**

Esta etapa la agregamos al modelo estándar, de acuerdo con la importancia de aspectos ecológicos abordados previamente para la mitigación del SEE; en este punto se conocerán la cantidad de usuarios (ocupantes) del edificio, el volumen del inmueble y la tasa o porcentaje de renovación del aire.

- **Etapa 6: Cálculo de equipamiento eléctrico**

Ya que el consumo energético es un factor relevante para el control y análisis del SEE en una vivienda, en este punto se analizarán el consumo de los equipos en el hogar y sus cantidades en ella.

- **Etapa 7: Cálculo de la temperatura interior**

Normalmente en esta etapa se apoyan de modelos térmicos para estimar la temperatura interior en función de las ganancias y pérdidas en las habitaciones o en la vivienda en general.

- **Etapa 8: Cálculo de carbono en el patio/terraza/balcones**

En esta etapa, se apoya el cálculo del balance en la vegetación y su análisis de absorción del carbono y sus aspectos como sumideros de carbono al igual que su biomasa total, se analizan por estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo y sus cantidades.

- **Etapa 9: Cálculo de CO²**

En esta etapa se apoyan de fuentes del gobierno para analizar las emisiones de CO₂ del inmueble en relación con su localidad.

- **Etapa 10: Cálculo de la salud en el espacio interior**

Se analiza cuál es la factibilidad de seguridad y bienestar en un espacio interior de una vivienda mediante aspectos como orden y limpieza, diseño correcto de las ventanas, la iluminación y el factor de clima de la zona.

- **Etapa 11: Cálculo de sustentabilidad y habitabilidad**

Normalmente en esta etapa se apoyan de los cálculos de vegetación, salud, iluminación y ventilación en función de las calidades al ambiente que puedan generar en las habitaciones o en la vivienda en general

- **Etapa 12: Análisis de los resultados**

En esta última etapa del modelo común del balance bioclimático de edificios, es donde se comparan la temperatura interior estimada con los valores límites del confort (verano e



invierno), identificar las fuentes de sobrecalentamiento o de enfriamiento excesivas, y proponer las medidas de mejora (adición de aislantes, protectores solares, etc.).

Gracias al balance bioclimático (Bbio) podemos obtener información sobre la optimización del diseño (Adrait, Battail, Michaud, Sommier, & Zambon, 2012), donde los resultados del balance proporcionan información valiosa sobre las necesidades de calefacción y refrigeración del edificio, las zonas de sobrecalentamiento o de refrigeración excesiva, como también las ganancias solares, pudiendo ayudar a las posibles opciones de diseño como aquellos concernientes a la orientación, el diseño y ubicación de ventanas, tipo de aislantes y el diseño de protecciones solares, sin olvidar el conocer la calidad del espacio en cuanto a salud y calidad de vida para la protección contra el Síndrome del Edificio Enfermo y sus patógenos.

Así bien, nos permite conocer la eficiencia energética del edificio optimizando el diseño en función al clima local, pudiendo reducir su consumo energético para la calefacción, la climatización y la iluminación; teniendo un impacto positivo sobre el costo de explotación e impacto ambiental. Continuando con el confort de los ocupantes, el balance bioclimático permite crear los espacios interiores confortables minimizando las fluctuaciones de temperatura, las corrientes de aire y las regularizaciones de iluminación natural.

Siendo así que el balance bioclimático (Bbio) es una herramienta de apoyo (Adrait, Battail, Michaud, Sommier, & Zambon, 2012) para generar proyectos ecológicos y conocer el funcionamiento bioclimático del edificio (Gonçalves, 2020), aprovechando las condiciones naturales el edificio se vuelve más sustentable al reducir su dependencia de los sistemas mecánicos de calefacción y aire acondicionado; también, permite conocer las reducciones de emisiones de carbono del inmueble, promoviendo una mejor eficacia energética dirigida por una reducción de emisiones de carbono y a una contribución positiva a la lucha contra el cambio climático (Adrait, Battail, Michaud, Sommier, & Zambon, 2012) (Gonçalves, 2020).

Aplicación del modelo ecológico

del balance bioclimático de edificaciones como complemento para el diagnóstico del Síndrome del Edificio Enfermo

en los casos de estudios: Unidades Habitacionales de La Margarita y San Bartolo, de la ciudad de Puebla

Capítulo 3



Aplicación del modelo ecológico del balance bioclimático de edificaciones como complemento para el diagnóstico del “Síndrome del edificio enfermo” en los casos de estudio: Unidades habitacionales de La Margarita y San Bartolo, de la ciudad de Puebla.

La arquitectura ecológica y sus corrientes postulan el bienestar del ser humano y del planeta, dentro de estas corrientes está la arquitectura bioclimática, que, dentro de muchos de sus aspectos, analiza y dicta que aspectos son recomendables para la calidad del hombre en las edificaciones. La importancia en esta arquitectura radica en sus observaciones para mantener vivos a los usuarios más tiempo y dañar menos al entorno donde nos ubiquemos; esta arquitectura no tiene un listado tal cual de que y no debe de tener una arquitectura o un proyecto, pero si da bases para que nosotros podamos generar las observaciones y los cambios necesarios y pertinentes en la arquitectura, este caso el residencial de interés social, para la mejora en la calidad de vida, laboral y académica de sus habitantes.

Análisis del terreno

Este primer concepto de introducción a la planeación de diseño se aborda comúnmente en la docencia en arquitectura en Puebla como un elemento superficial y que solo permite entender dónde colocar el proyecto, existen colindancias, ubicación de avenidas y servicios e infraestructura; pero el análisis del terreno va más allá de eso, es entender el tipo de suelo, su compacidad, analizar el terreno es observar su estructura y organismo, como trabaja, cómo se alimenta. La arquitectura ecológica trabaja en aprovechar los factores naturales propios del entorno para saber cómo manejarlos en el diseño, qué y cómo tomar del terreno, conocer qué existe y qué se aprovecha, para menor consumo de energía, agua; poder aprovechar al máximo la luz y el viento natural que alimenta el sitio.

La arquitectura saludable aborda el terreno en identificar fuentes de aprovechamiento: vegetación, desniveles, sombra, luz; fuentes contaminantes como concentraciones de radón, vertederos industriales o de basura clandestina para generar un listado de posibles afectaciones al proyecto y al usuario antes (albañiles) y después (usuarios) de construirse. Esto mediante los tres aspectos de la sustentabilidad: económico, ideológico, ecológico.

El aspecto económico evalúa cuánto de lo que usamos se refleja en la construcción: materiales, mano de obra, excavación, etc., entender si estamos aislados económicamente de forma activa o pasiva o tenemos fuentes de ingreso y egreso económico como tiendas y servicios cercanos, cuánto cuesta el desplazarse del terreno al trabajo o a otro sitio. El aspecto ideológico aborda el cómo el arquitecto y el dueño interactúan con él, cuanto están dispuestos a tomar y dejar del terreno y en base a qué se fundamentan para ello, habrá una interacción social y urbana, se aislará del entorno urbano, qué hará el terreno para el usuario y el usuario al terreno; por último y no menos importante el aspecto ecológico, el cuál analiza toda acción y reacción medioambiental del propio terreno y este hacia y para el usuario, se analiza de que forma el terreno puede ayudar para la consideración de propuesta de diseño en una relación sana con la vida natural del sitio.



Análisis del usuario

El usuario es un pilar muy importante en la planeación de la arquitectura, no solo por ser quien financia el proyecto si no que es crucial tenerlos en cuenta como parte del proyecto ya que, como se ha visto anteriormente, sus actividades cambian la forma de habitar y apropiarse de un espacio.

Como arquitectos debemos de ser humanitarios con nuestros proyectos, generar un entorno apropiado para el habitante u ocupante del inmueble. El arquitecto debe de ponerse en el lugar del usuario, entender su forma de convivir y desarrollarse, entender su salud y problemas; mientras más humano se analice al usuario más fácil se puede integrar al proyecto.

Entender el aspecto económico del usuario es importante para analizar y abordar los límites del proyecto, generar una planeación del proceso y ejecución, entender hasta qué punto se puede costear el proyecto y de qué forma alternativa se puede adaptar la necesidad, el desentendimiento de los materiales hacen que este fenómeno adquisitivo de ellos se vincule con el aspecto ideológico es la creencia que los materiales como el ladrillo y el concreto no pueden quedar al descubierto, que son materiales que deben de ser revestidos. Existen proyectos como la casa de block de concreto en Sao Paulo, Brasil; vivienda de una trabajadora doméstica que solicitó la remodelación de su casa después de haber perdido el techo en una tormenta, **(Figura 10)** el uso del concreto tanto en aplanado como en block de construcción son abordados de una manera estratégica que genera espacios sanos y confortables.



Fig. 10 | Vivienda de concreto de interés social que usa un material de construcción en apariencia al desnudo para generar contrastes y matices con los demás acabados y materiales, así como el acoplarse a la economía del cliente demostrando que con acabados brutos se puede hacer arquitectura también. Imágenes tomadas de <https://noticias.arq.com.mx/Detalles/21544.html> consultado el día 2/06/2023

En cuanto a una arquitectura sana que aborde al usuario, este debe de contemplar dos aspectos: la salud física y la salud mental. Debe de hacer entender que las personas se enferman y estar encerrados en un espacio algunos empeoran, se debe de conocer si el o los usuarios tienen alguna enfermedad grave, crónica, estacional; así como plantear opciones para la salud mental de ellos. El estrés, la ansiedad, la depresión, la fatiga, entre otras más enfermedades mentales pueden agravarse convirtiéndose en crisis mentales como es el abuso, el asesinato o el suicidio. El no tener un lugar donde puedan ellos relajarse y poder respirar tranquilamente, estaríamos creando una celda residencial que a la larga se vuelve una cárcel como se vivió en la pandemia del Covid-19.



Diseño arquitectónico

Para la arquitectura saludable el diseño arquitectónico lo abordan tanto los aspectos tangibles como intangibles del diseño. Analizar los materiales, las circulaciones, las dimensiones, la antropometría, el confort, entre otros. El diseño arquitectónico saludable debe de contemplar los aspectos que marcan las arquitecturas ecológicas: sol y viento; pero yo agregaría dos elementos más de igual importancia agua (Wong, 2022) y vegetación (Clément G. , Manifiesto del Tercer Paisaje, 2018).

El sol y el viento aplicados como iluminación y ventilación respectivamente son importantes para la limpieza del espacio de manera natural (Pacheco & Ramírez Pérez, 2021), repasemos que estos dos elementos ayudan a desinfectar y limpiar los espacios y objetos para el mejor aprovechamiento y habitabilidad del ser humano, pero ahora los dos nuevos elementos agregados: agua y vegetación, contribuyen a un mayor saneamiento a la arquitectura.

El agua es un elemento crucial y básico a la vez, tradicionalmente lo abordamos en la arquitectura en el diseño de los planos hidráulicos y sanitarios. El agua es un elemento crucial para el ser humano y diseñar un inmueble que lo considere es fundamental, hoy en día es un bien que está escaseando, es allí donde la arquitectura tendrá que buscar de qué manera aprovechar el agua.

En el aspecto económico encontrar formas que no se desperdicie el agua, no existan fugas ni pérdidas, los muebles sanitarios e hídricos sean bien alimentados y tengan la presión necesaria para hacer las actividades correspondientes. En el aspecto ideológico, hacer tener en cuenta al cliente la importancia del uso y consumo del agua en su edificio, encontrar una forma de reducir su huella hídrica, esto nos lleva con el aspecto ecológico, donde tendremos que encontrar de qué forma reciclar el agua del edificio (Rupérez & Subirón Rodrigo, 2015), a su vez, usar el agua de lluvia (Bigurra Alzati, González Sandoval, Lizárraga Mendiola, & Montel, 2018), poder aprovechar esta agua de forma mixta con la alimentada por el municipio favorece en organizar el suministro y actividades hídricas; es decir, un proyecto pensado en aprovechamiento hídrico mixto favorece la reducción de pérdida del agua y regula el uso y consumo de la misma.

El otro elemento es la vegetación, aplicar la vegetación en los edificios no es solo meter macetas y jardincitos (Clément G. , La sabiduría del jardinero, 2012), lleva una logística más planificada y organizada. La vegetación como lo mencionamos ayuda a como calmante ante posibles problemas mentales (Córdova y Vázquez, Montero López, & Martínez Soto, 2016), cumple como filtro o aislante térmico, acústico y de contaminantes como polvo y ceniza entre otras partículas volátiles.

La vegetación vista desde el lado económico-material permite adquirir plantas de la zona lo cual no exige mucho consumo de agua o de espacio lo que beneficia al ingreso monetario de los usuarios o del cliente/dueño, en el aspecto ideológico, las plantas son un elemento que han proporcionado paz y seguridad en la historia del ser humano (Engels, 2014); a pesar de existir dicha conexión que se tiene con la naturaleza, el hombre es quien la destruye dando como resultado el alejamiento de ella. En el sentido ecológico, la vegetación permite restaurar espacios para la disminución de las islas de calor, una vegetación sana genera un ambiente sano para todo el mundo, de allí que la arquitectura ecológica y de entre ellas la arquitectura saludable, busquen usar la vegetación en la mayor parte del diseño arquitectónico no solo para el bien del ocupante si no para su entorno urbano (calmar el estrés y ansiedad, disminución de ruido de tráfico y claxon, filtro antes contaminantes volátiles) (Escobar del Pozo, Gomez Amador, González Trevizo, & Esparza López,



2015) como su entorno ecológico ambiental (fauna y flora de la región y/o zona (Clément G. , La sabiduría del jardinero, 2012)).

Para los espacios de una casa habitación aplicando la arquitectura ecológica tendríamos los siguientes aspectos:

1. Recepción

Al llegar a la casa de la calle uno trae consigo suciedades, sobre todo en la suela de los zapatos (Tanizaki, 2016), normalmente el mexicano se quita los zapatos hasta llegar a su cuarto, ponerse las chanclas y pantuflas o estar descalzo y caminar por la casa, el problema de este aspecto es el depósito de microbios y patógenos que hemos introducido a la vivienda, que se esparcen usando las chanclas o se adhieren a nuestra piel o ropa (Alsmo & Holmberg, 2007). Por lo que es importante diseñar un filtro ya sea crear un espacio arquitectónico, un espacio delimitado por mobiliario. En la arquitectura japonesa, las edificaciones contienen un espacio llamado *genkan* (**Figura 11**), el cual se despojan del calzado, ya sea guardándolos en cajones o dejándolos en el suelo para posteriormente subir el escalón del cuál comienza la casa, de esta forma los usuarios e invitados no contaminan con suciedad y bacterias a la vivienda (Lewis, 2017). Este espacio se podría diseñar mediante una cajonera o algún buró donde fácilmente uno pueda guardar o depositar los zapatos sucios/mojados, ponerse las chanclas o andar descalzo de manera limpia.



Fig. 11 | *izq. Genkan tradicional en una casa japonesa de té, se puede observar el lugar donde se guarda el calzado, tiene ventilación e iluminación, existe una diferencia de nivel de piso que delimita la entrada con el pasillo de la casa; dcha. Genkan moderno de una casa japonesa, podemos ver que se guarda el calzado en un estante o zapatera el cual es conveniente para no ensuciar la vivienda y sea más fácil poder limpiar los espacios. Imágenes tomadas de internet. Imágenes tomadas de: izq. <https://nisekoprojects.com/building-in-japan/the-japanese-genkan/> , dcha. <https://maricamckeel.com/residential-design-inspiration-modern-genkan/> , consultados el día 8/06/2023*

2. Sala – Comedor

El siguiente espacio que observamos en las viviendas de interés social es la sala y comedor que nos reciben al llegar, estos espacios para la vivienda ecológica deben de tener suficiente iluminación y ventilación de preferencia natural sin sobrecargarlo (Wang, Yin, & Guntupalli, 2021). La manera de posicionar la sala y comedor debe de invitar a los usuarios poder disfrutar un descanso ya sea alimentándose (comedor) o recreativo (sala), por lo que la disposición de las ventanas no deben de lastimar la vista a las personas ni generar reflejos lumínicos bruscos que puedan dañar alimentos (frutas) o telas y pinturas (Leonidis, Korozi, Kouroumalis, & Antona, 2019).



El comedor y la sala en las viviendas de interés social por lo general están atiborrados de objetos que el mexicano codifica como recuerdos familiares, algunos objetos obtenidos al asistir a eventos familiares son colocados en algún estante, trinchador o mobiliario para que los invitados puedan observarlos; no es malo tener estos objetos símbolos de la identidad del mexicano moderno (en otros países también se hacen las mismas acciones), sin embargo la acumulación desorganizada si genera un problema para la salud tanto física como mental (Scardigno, 2023). En la parte física, amontonar objetos sin moverlos por un tiempo prolongado acumula polvo que después es esparcido por el aire a otras parte de la casa, el respirar el polvo genera problemas de salud como irritación pulmonar, alergias y asma, que a la larga pueden agravar la calidad de vida de las personas sobre todo menores de edad y persona de tercera edad (Wang, Yin, & Guntupalli, 2021); en la salud mental, la acumulación recae en una condición de dependencia material la que dificulta que las personas puedan relacionarse con otras personas, les cuesta desprenderse de ellos por el valor que le pusieron (recuerdo de algún familiar fallecido, expareja, pareja actual, padres, familiares, amigos, etc.) (Sarno, 2023), o creen que en algún momento lo podrán usar. Objetos cotidianos de la vida mexicana como las servilletas de tela, servilleteros, tortilleros, etc., si pueden mantenerse ya que son parte de la cotidianidad del ser y hacer del hombre, sin embargo, otros objetos generan un arrebató al espacio que a la larga dificultará la circulación en la vivienda (Scardigno, 2023).

3. Cocina

La cocina para el mexicano es el centro de vida del hogar (Bilbao, Habitar, Espacio, Contexto y Collage), siendo que la hora de la comida es importante para el mexicano y conlleva una historia en ella. Las cocinas mexicanas prehispánicas eran el centro del hogar, pues allí se tenía el fuego que daba calor para las noches (Bilbao, La fantasía de la vivienda que habitamos, 2023), en la arquitectura colonial o virreinal también tuvo mucho poder, pues era el lugar no solo de cocinar si no donde se comunicaban el personal de aseo de las casas los informes o chismes de los patrones y las familias, en la arquitectura moderna la cocina pasa a ser el espacio donde la familia puede oler y ver cómo se cocina, introducirse al arte culinario (Ahn, Parrott, Beamish, & Emmel, 2015). Sin embargo, no todas las cocinas de la era moderna cuentan con los espacios dignos y salubres para el o los usuarios.

Las cocinas de la vivienda de hoy en día han reducido sus espacios, su mobiliario, sobre todo en viviendas de interés social o conjuntos habitacionales (Ahn, Parrott, Beamish, & Emmel, 2015) (**Figura 12**). La arquitectura ecológica propone que la cocina sea un espacio de bienvenida e integración a la vida saludable y ecológica (Cacciatore & Lui, Il clima nella casa. Sei case di Harquitectes a Barcellona, 2022), para esto la cocina debe de ser lo suficientemente amplia para que mínimo dos personas puedan trabajar juntos en la misma zona (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022), para los aspectos de la alimentación y salud del mexicano las cocinas deben de contar con un acceso al patio o balcón donde se tendrán en macetas plantas o productos comestibles o en su defecto dentro de la cocina, cerca de la ventana y el lavabo tener una zona de hierbas frescas y otra de hierbas secas, esto no solo favorece a la hora de cocinar tener productos orgánicos y caseros si no a repeler insectos o malos olores generados por la preparación de los alimentos.



Fig. 12 | izq. Cocina tradicional mexicana del virreinato, se puede observar la posición y cercanía de los instrumentos de cocina al alcance de la zona de cocción y preparación; drcha. Cocina de Infonavit donde solo está el horno con hornillas, lavabo y refrigerador junto algunos gabinetes, los instrumentos de cocina ya no están afuera teniendo un poco más de orden y limpieza en el área. Imágenes tomadas de: izq. <https://museoamparo.com/colecciones/sala/52/salas-de-arte-virreinal-y-siglo-xix/sala-2-cocina/1>, drcha. <https://www.vivanuncios.com.mx/s-venta-inmuebles/puebla/credito+infonavit/v1c109711020q0p1>, consultado el día 10/05/2023.

4. Baños

Los baños son un espacio que en la arquitectura occidental no se les da la misma importancia y cuidado que en la arquitectura oriental (Tanizaki, 2016), el baño en el México moderno es un espacio que no se le da el valor que merece ni los cuidados de higiene. El baño por la humedad que encierra es el primer espacio que puede propagarse el moho y otros hongos (**Figura 13**) (CCA Montréal, 2012), una arquitectura saludable (Lacombe, 2023) busca prevenir el Síndrome del Edificio Enfermo y la propagación de patógenos como el moho, para ello se debe ventilar e iluminar el espacio, generar una circulación mixta de aire (Alsmo & Holmberg, 2007); el diseño de la regadera no debe de acumularse el agua por lo que la pendiente de desagüe de la coladera de la regadera debe de demostrar que el agua que cae en cualquier parte del cuadro de baño se evacue libremente (Roulet, 2008), colocar vegetación para intercambio de bióxido de carbono y metano por oxígeno, los materiales deberán ser a prueba de agua, inoxidable y resistentes a salinidades u otros metales de acuerdo al tipo y cantidad de metales que fluye en el agua, existen estrategias de ecotecnia que filtran los metales del agua para utilizar agua 100% pura (Roulet, 2008).



Fig. 13 | La aparición de moho, hongos y desprendimiento de la pintura y yeso es debido a la acumulación de humedad y la poca o nula ventilación e iluminación adecuada, para evitar su aparición se debe de ventilar e iluminar el baño, evitando la acumulación de gotas en paredes y techos, en caso de existir se deberá de quitar todo acabado de la superficie dañada, darle el tratamiento sanitario adecuado y correspondiente para finalizar con una nueva capa de acabado parecido al original, sellando con un impermeabilizante que evite la aparición de moho y hongos, en el caso de cerámicos se busca aquellos que sean resistentes al contacto con el agua. Imágenes tomadas de internet. Imágenes tomadas de <https://okhumedades.com/blog/humedad-por-condensacion-en-banos/>, consultado el día 15/05/2023



5. Recámaras

Las recámaras en la arquitectura residencial moderna son espacios consagrados al descanso para reponer energías para el día siguiente, la pandemia del COVID—19 creó una fracturación en las viviendas donde aquel refugio paulatino contra la violencia intrafamiliar dejaba de existir al cambiar el uso que se le daba (Andrés Pueyo, 2021), se convirtió en un espacio en el que los usuarios se sentían incómodos por las teleconferencias de trabajos o escuelas aislándolos de su privacidad dado a la falta de espacios adecuados para el estudio o trabajo dentro de la vivienda. Para la arquitectura saludable, las recamaras deben de ser el nido de protección de las personas (Borquez, 2011), donde puedan descansar y ser ellos en la libertad de su casa sin sentirse observados y juzgados (Häuplik-Meusburger, Bishop, & Wise, 2022), no es recomendable que una recámara sea un espacio compartido con el del trabajo (Gon & Jeong, 2010), sin embargo la recámara puede funcionar como espacio de apoyo para generar pequeñas actividades (tareas, manualidades, etc.) o para uso recreativo (ver películas, series, jugar videojuegos de computadora, etc.) por lo que se propone que existan dos filtros en la recámara (**Figura 14**), el primer filtro es un pequeño recibidor donde pueden dejar las tazas, platos, ropa, que pese está dentro del cuarto aún no penetra a la intimidad y privacidad del cuarto; y el segundo filtro sería un pequeño espacio para trabajo que no deje ver a la intimidad de la cama en las videollamadas permitiendo tener el albedrío de su naturaleza por una parte y la formalidad del trabajo en otro, siendo así dos filtros simultáneos que dividen el espacio propio de descanso de la recámara con el espacio para poder trabajar o distraerse sin tener inconvenientes con la intimidad en el cuarto con relación a la cama y el armario.



Fig. 14 | *Espacios internos en las recámaras cuyas funciones son ajenas al descanso y reposo, delimitados ya sea por armarios o Tablaroca, permiten tener la privacidad necesaria para concentrarse y poder trabajar en su recámara, pero sin la inquietud de que vean la cama o tener el pensamiento y necesidad de ver la cama y pensar en acostarse, elevando la concentración y el desempeño laboral en las actividades. Estos espacios al igual que la cama deben de ser bien iluminadas y ventiladas de forma que no afecte la vista y no cause cansancio. Imágenes tomadas de <https://www.houseandgarden.co.uk/article/tiny-flat-in-manhattan>, consultado el día 17/05/2023.*



6. Patios, azoteas y balcones

Estos tres espacios son importantes para la salud física y mental de las personas (Perrin, 2020), pueden estar los tres presentes en una vivienda o solo dos (Agne, 2016); pues la azotea está en toda edificación techada. El patio, los balcones y la azotea para la arquitectura ecológica son espacios dignos (Rodríguez Escudero, 2019) donde la vegetación es parte del entorno social del ser humano (**Figura 15**) (Clément G. , Le jardin en mouvement, 2017), se integra hombre con naturaleza y ambos con el espacio urbano y arquitectónico (Jones, 2022). El patio debe de seguir teniendo su naturaleza de recibir, recibir a la naturaleza y al hombre (Clément G. , Manifiesto del Tercer Paisaje, 2018); eso no lo omite la arquitectura ecológica (Agne, 2016), pero el patio debe de tener una zona propia para la contemplación del entorno y de uno mismo (Ferrara, 2022), lo mismo con los balcones y las azoteas, estos deben de tener una zona que permita que quien ocupe el espacio pueda relajarse unos minutos o una horas sin hacer nada más que contemplar la vista (Foti, Il paesaggio nella casa, 2009), para eso si no se tiene una buena vista se puede generar una con la ayuda de vegetación que contengan flores casi todo el año y de diferentes colores (Córdova y Vázquez, Montero López, & Martínez Soto, 2016), así la vista puede dirigirse a las distintas tonalidades que hay en su entorno (Torossian & Ilin, 2022), oler (Normand, 2022), escuchar (Piyanesa & Wilson, 2019), descansar (Calabrese, 2021).

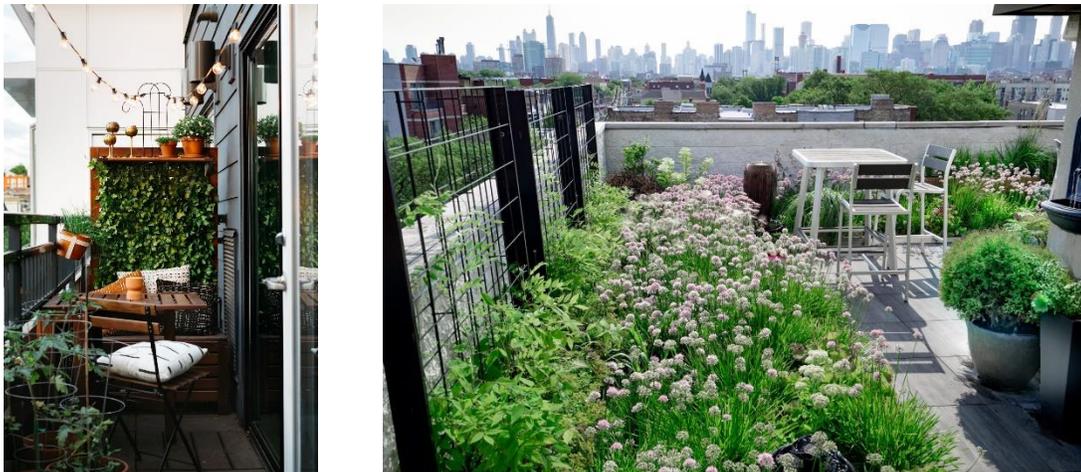


Fig. 15 | Los balcones y los techos verdes, de acuerdo con la arquitectura ecológica y la arquitectura saludable como espacios susceptibles para el tercer paisaje, promoviendo la restauración ambiental ante las islas de calor, buscando mitigar los daños, bajar la temperatura, ser aprovechados por el ser humano, restaurar los daños a la vida silvestre dividida por la ciudad. De acuerdo con el tipo de techo verde que se proponga puede ser desde uso meramente de herbáceas hasta arbóreas, siempre y cuando la estructura propia del edificio permita las cargas de las plantas y las personas como mobiliario de jardín. Los balcones también cumplen con la misma función a menor escala, pero de igual importancia para el medioambiente y entorno urbano. Imágenes tomadas de <https://bedthreads.com.au/blogs/journal/small-balcony-decor-ideas> y <https://ecogardens.com/green-roof-guide>, consultado el día 17/05/2023



Cimentación y estructuras

La cimentación es uno de los aspectos más abordados por la ecología y la arquitectura bioclimática (Oliva, 2006) debido a su alteración, cambio y modificación del sitio e incluso dado a su destrucción parcial o total del entorno natural (Colombo & Leveratto, 2020); la cimentación debe de analizarse previamente mediante el análisis del suelo (Oliva, 2006), el topógrafo deberá de indicar el tipo de suelo que existe debajo y determinar si se encuentran mantos freáticos u otros yacimientos naturales, o bien culturales que se encuentren en el terreno (Colombo & Leveratto, 2020). La arquitectura ecológica busca reducir la cantidad de terreno modificado (Canepa, 2019), a veces es generando elevaciones con pilotes u otros sistemas; no es fácil y no siempre es factible realizarlos, dependiendo del tipo de proyecto (Association Qualitel, 2021).

En cuanto a los muros; la arquitectura ecológica trata de generar una buena planeación de menos muros, ayudando a la integración del usuario con el edificio (Canepa, 2019); económicamente hablando es menos gasto en obra y pago de materiales y mano de obra (Oliva, 2006), en el aspecto ideológico, entre menos paredes tengamos más se siente libre el ser humano (Aragonés & Américo, 2010) (Gallo & Romano, 2017). La forma y figura son conceptos que el humano ha vivido con ellos siendo que las figuras con bordes curvos o espacios con menos bloqueos permite al ser humano moverse y sentirse seguro (Marx, 1989) (Anzoátegui, 2015), no caer en la sensación de ansiedad y estrés (Agne, 2016).

En cuanto a la estructura de la vivienda, la arquitectura ecológica busca que no se crea en el sitio y es mandada a hacer (Olivier, 2023), normalmente están involucradas aquellas estructuras de acero y madera (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022). Para los de acero, se busca usar en menor medida debido a que su proceso de elaboración y manufacturación contamina el ambiente (Bosi, 2022), a lo que la arquitectura ecológica busca reciclar el acero si es posible el objeto completo o se derrite para volver a moldear otro objeto (Dal Fabbro, 2023), la factibilidad del acero se debe a sus grados de resistencia permitiendo volverse a fundir para crear otro objeto que contemple las mismas resistencias (Foti, Architettura realtà del divenire, 2010).

Para la madera, la arquitectura ecológica, sobre todo la bioclimática busca que sean maderas provenientes de lugares oficiales y avalados para su tala y uso en la construcción (Oliva, 2006), por lo que algunas agencias de control ambiental buscan que si no es de un lugar destinado para su tala por lo menos sea de madererías locales (Clément H. , 2020), pidiendo que sus árboles sean de fácil crecimiento (Olivier, 2023), manteniendo los criterios y aspectos de condiciones térmicas y aislamiento que se buscan para la construcción de las viviendas (Agne, 2016) (Martínez Portugal & Suriano Chacón, 2022).

Instalaciones

Para este concepto la arquitectura ecológica se enfoca en que las instalaciones hidrosanitarias no tengan fugas ni se presenten minerales pesados que pueden dañar tanto la calidad del agua como la salud del usuario y del edificio (Morton, 2021). Anexándolo con la recaudación de lluvia, la arquitectura bioclimática (Velázquez Flores, 2017) y la arquitectura meteorológica (Rahm, 2020) solicitan planos de instalaciones pluviales (Bigurra Alzati, González Sandoval, Lizárraga Mendiola, & Montel, 2018), dada a la problemática ambiental de escasez de agua en la actualidad (Collectif, 2023), es fundamental tener una planeación hídrica y un análisis de su huella para el mejor aprovechamiento de este recurso (Hofmann, 2022).



A su vez, la arquitectura ecológica trabaja con el uso del sol como alimentación de energía, optando que se marquen las instalaciones de los paneles solares y los calentadores solares en los planos de instalaciones (Oliva, 2006), algunos países los llaman como instalaciones de sol como lo son Italia o Francia (Mazria, 2005) (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022). El uso del sol en la arquitectura (Mazria, 2005) permite nivelar los daños en la huella de carbono que generamos con el cableado eléctrico (Liébard, Ménard, & Piro, 2007). Otro aspecto en cuanto a instalaciones que la arquitectura ecológica trabaja es la reducción del uso de gas LP (Dollard, 2020), siendo que entre menos sea su requerimiento en la vivienda mayor es el cuidado de salud de los usuarios (Cardelus, 2018), sin embargo, existen otros tipos de gas que se pueden usar como sustitutos como son los biogases orgánicos, resultado de compostas que pueden ser usados de manera económica, ecológica y saludable (Ching & Shapiro, 2015); la arquitectura ecológica sugiere usar aspectos más naturales para no dañar al planeta y preservar la salud humana (Wassouf, 2014).

Por lo tanto, la importancia de un buen diseño ecológico en los espacios arquitectónicos de una vivienda de interés social radica en su capacidad de generar una calidad de vida de sus habitantes y contribuir al bienestar del entorno (Olivier, 2023), analizando los aspectos previos se busca crear ambientes saludables, confortables para el bienestar del usuario (Collectif, 2023). Además de generar una reducción en los costos energéticos de la vivienda a largo plazo (Alsmo & Holmberg, 2007), este enfoque promueve la conexión con la naturaleza estableciendo cimientos sólidos para una comunidad sostenible (Dal Fabbro, 2023), donde la arquitectura ecológica no solo cumple su propósito funcional (Oliva, 2006), sino que también se convierte en agente de cambio positivo en la vida de las personas para combatir el Síndrome del Edificio Enfermo.



3.1 Análisis de las nuevas obras de viviendas de interés social INFONAVIT en clima templado subhúmedo

El siguiente estudio analiza los proyectos de prototipo para vivienda de interés social de INFONAVIT para zonas con clima templado subhúmedo como lo es el estado y municipio de Puebla; el estudio se apoya de igual manera con los criterios que la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) dicta en su apartado de diseño bioclimático en tierras con este clima.

De acuerdo con los criterios de diseño ecológico (bioclimática) de CONAVI para lugares con clima templado subhúmedo tenemos las siguientes premisas (Subdirección General de Análisis de Vivienda, 2021):

- Permitir el asoleamiento y evitar la captación directa de los vientos externos en los meses fríos
- Proteger la construcción del asoleamiento y permitir la captación de vientos en la temporada cálida

Para ello, se busca lograrlo mediante los siguientes rubros o panoramas, comenzando con el primer aspecto que es la incidencia solar donde marca que es recomendable orientar las fachadas con mayores aperturas hacia el noreste, este y sureste (**Figura 16**); de esta forma las ventanas se exponen hacia la radiación directa las primeras horas del días pudiendo captar el calor beneficiándose pues en las mañanas la temperatura interior es baja. La fachada debe de cubrirse de los rayos del sol de verano y aprovechar aquellos de invierno; las orientaciones aprovechables deben de corresponder al noroeste, norte y sur, pues de esta forma es posible captar mayor energía (Subdirección General de Análisis de Vivienda, 2021); sin embargo, se debe de cuidar de no sobreexponer los elementos puesto que en invierno se puede generar un sobrecalentamiento en los espacios internos si tenemos una fachadas orientada al sur recibe libremente el asoleamiento, generando así que para enfriar esta zona se deba integrar sombreados. En las fachadas norte y noroeste se deben de controlar las pérdidas de energía agregando corinas gruesas para ayudar a conservar el calor dentro de la vivienda; las fachadas expuestas al suroeste y oeste son las que mayor ganancia solar presentan y son las que se deben de contemplar estrategias de control solar a lo largo de los meses fríos y cálidos.

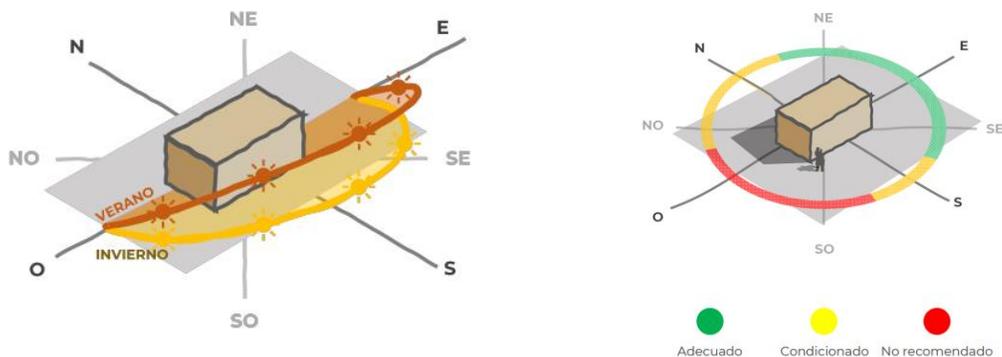


Fig. 16 | Diagrama de orientación de fachadas en climas templado-subhúmedos para mayor aprovechamiento de energía solar, tomado del documento de diseño de bioclimática de CONAVI el día 03/06/2023.



De esta forma podemos decir que el principal objetivo de la energía solar es aprovecharla adecuadamente, pero protegerse de ella en los puntos cardinales que menos favorable tengamos. Si generamos espacios arquitectónicos que permitan que el ser humano pueda aprovechar de igual manera de forma pasiva estos rayos de luz, sería con un solárium, espacio que puede ser un pasillo, una terraza, la azotea o un balcón donde se aproveche el sol de forma de baño solar, sobre todo para personas con bajas vitaminas D. si analizamos los planos de Infonavit no sabríamos si están bien orientados sus aberturas al NE, E o SE, puesto que no hay una rosa de los vientos que marque el norte no podemos evaluar si cumple o no con el primer criterio de la CONAVI.

El segundo punto es el emplazamiento, en este apartado nos marca tres aspectos que tomar en cuenta sobre todo para viviendas con colindancias. En la primera instancia explica que debemos de tener en cuenta que, de tres casas, por lo menos una o dos casas queden adosadas o que su espacio entre ella y las construcciones colindantes sea reducido pudiendo así poder controlar de manera más fácil las ventilaciones incidentes de las construcciones. Se debe de procurar que las construcciones no obstaculicen en libre paso del viento pues no se podría tener un buen control de la calidad de aire que puedan aprovechar, es decir; no es recomendable aislar las viviendas debido a los flujos de aire que se pueden generar en el perímetro, disipando el calor almacenado por los materiales de las envolventes perjudicando mayormente en invierno, donde se busca almacenar la mayor cantidad de calor para mantener una ganancia térmica estable al interior de las viviendas; en caso de ser necesario se pueden incluir elementos que puedan proyectar vientos hacia otras construcciones desde otras mismas e incluir aquellos materiales que permitan la conservación y captación de mayor calor posible (Subdirección General de Análisis de Vivienda, 2021).

En los prototipos oficiales de INFONAVIT (**Figura 17**) de vivienda para zonas con clima de templado subhúmedo⁶ podemos observar que el primer prototipo está diseñado para un solo nivel; su entrada es amplia conteniendo como primer espacio el jardín frontal, el cual cumple a su vez de cochera, sin embargo, este espacio puede ser de utilidad como tercer espacio al utilizarse como extensión de la casa a un entorno abierto y vegetal que puede servir como un comedor de jardín; en el segundo prototipo que cuenta con dos pisos su planta baja es únicamente de cochera – jardín, la flexibilidad de este espacio genera que el usuario pueda aprovecharlo a como le es conveniente.

⁶ Se encuentra en el 20.5% del país, cuyas temperaturas rondan entre 10°C a 22°C, en algunas zonas puede ser menos de 10°C, sus precipitaciones varían entre los 600 y 1000 mm durante todo el año. Comprenden estados del centro del país y zonas boscosas de montaña de Chihuahua, Durango, Nayarit, Jalisco, entre otros.

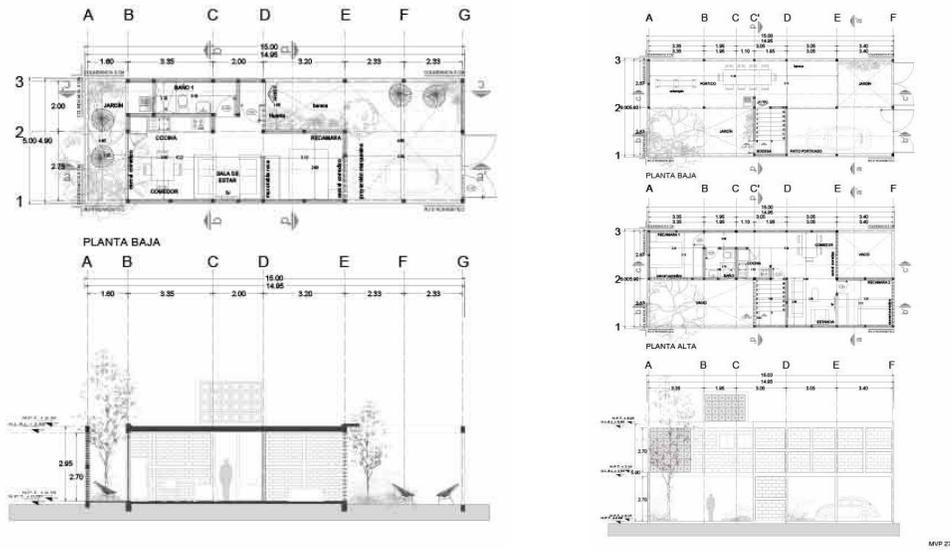


Fig. 17 | izq. Prototipo de una sola planta con patio frontal y trasero. Drcha. Prototipo de dos plantas con patio frontal y trasero. Tomadas de la página oficial de INFONAVIT en la sección de proyectos actuales el día 02/06/2023.

Este aspecto no se puede evaluar directamente en los prototipos de vivienda de INFONAVIT ya que solo se diseña uno y no muestra la cercanía o separación con las otras viviendas, sin embargo haciendo un hincapié de las viviendas de INFONAVIT existentes en la ciudad de Puebla, las viviendas están pegadas unas a las otras (**Figura 18**), no hay esta separación que dicta CONAVI ni existe una sombra de viento que pueda ser aprovechada, por lo que las viviendas no solo desaprovechan una adecuada ventilación sino que en invierno no logran resguardar el calor benéfico para el confort térmico interno en las viviendas, generando así se consuma mayor energía al usar sistemas de calefacción activa.

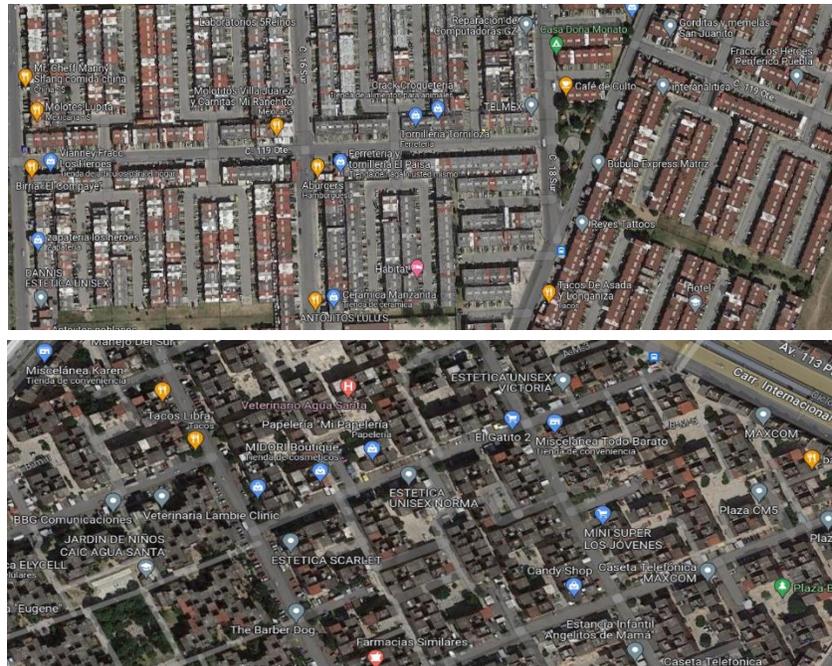


Fig. 18 | Viviendas INFONAVIT de la ciudad de Puebla, las viviendas no cuentan con separaciones suficientes y dignas para el aprovechamiento y captación de viento y sol, imágenes tomadas de Google Maps, el día 03/06/2023

El tercer punto es la configuración de vivienda en la que recomienda que sean construcciones compactas con ligeros remetemientos, permitiendo así que exista mayor área expuesta a radiación solar y a los vientos externos para poder captar el calor en invierno y poderlo disipar en verano, también se hace mención la importancia de los patios interiores o centrales como estrategia de ventilación controlado impidiendo así los efectos desfavorables de los vientos fríos en invierno.

Analizando las plantas arquitectónicas de las nuevas viviendas de INFONAVIT podemos observar su configuración, en el primer prototipo conecta al patio trasero con el delantero mediante la propia vivienda, el patio trasero es aprovechado por la cocina y el comedor, la sala de estar es ventilado por el mismo ventanal que alimenta a estas dos, el aire pasa por el comedor para llegar a la sala de estar; mientras que el patio frontal es aprovechado por la única recámara que tiene, el baño su ventilación es mediante el patrio de aseo que está directamente conectado con el jardín o patio trasero; el prototipo 2 mantiene la misma estructura sin embargo todas las habitaciones quedan en la parte de arriba, generando más amplitud para los espacios de la sala de estar y el comedor, las dos recámaras tienen vista directa a cada uno de los patios, siendo la recámara 1 al patio trasero y la recámara 2 al patio frontal. Siguiendo las observaciones de CONAVI, tenemos que puede aprovechar la ventilación y la iluminación natural resguardando el calor y refrescando la vivienda. Sin embargo, una vivienda de 42.75 m² construidos necesita más espacio para poder ser sanamente productiva y habitable. La recámara principal rompe con el método de colocar la zona privada hasta el fondo, sin embargo, analizando esta adecuación en la planta baja podríamos inferir (de acuerdo con la arquitectura saludable) en que la recámara está pensada en ser fácilmente accesible después de una jornada laboral o escolar estresante, buscando por inercia el reposo para la salud física y



mental, pues el descansar relaja los músculos y estimula las neuronas para reponerse; de esta forma se podría justificar la posición así como el contacto directo con la naturaleza.

Las alturas habitables de las viviendas que marcan INFONAVIT son de 2m70, esto de acuerdo CONAVI está bien pues para viviendas en climas de este tipo la mínima aceptable es de 2m30, pues esta medida mínima puede proporcionar un ambiente térmicamente confortable permitiendo que el usuario esté mayormente en contacto con el aire de mayor temperatura durante el día y en los meses de invierno; pese que recomienda losas inclinadas a una, dos o cuatro aguas sus lados más grandes de la cubierta se deberán de ubicar hacia el asoleamiento matutino para poder aprovecharse al máximo.

Los vanos, CONAVI marca que, deben de no ser menor a 50% del área del muro, debido a la necesidad de generar un predominio de superficies opacas o solidas con respecto a aquellas traslucidas o acristaladas minimizando así los intercambios de energía a través de las ventanas, la mejor opción es el diseño de vanos de forma horizontal, facilitando así la captación de energía y el calentamiento de la vivienda de manera más natural posible debido a que la radiación solar logra ingresar a un área mayor, también pueden ser las ventanas tradicionales cuadradas lo único que hay que tomar en cuenta es lograr sombrearlas adecuadamente para evitar la sobreexposición a la radiación solar.

Para el control de viento y sol, CONAVI hace uso del recurso del paisaje con la disposición de los tres diferentes estratos de la vegetación: arbóreo, arbustivo, herbáceo (**Figura 19**). Para el estrato arbóreo se deben de colocar especies perennes en las orientaciones oeste y noroeste, ayudando a regular la temperatura de los vientos exteriores que ingresan a la vivienda y esta proteja a la envolvente de la radiación solar para minimizar las ganancias de calor, mientras que en las otras orientaciones se recomienda usar especies caducifolias, especies que impiden la incidencia del asoleamiento sobre la vivienda en verano y lo permita para invierno, sin olvidar que estas especies generan una buena iluminación natural como filtros de control (Subdirección General de Análisis de Vivienda, 2021).

Los estratos arbustivos deben poderse integrar aquellas cuyas alturas sean medias o altas e las orientaciones oeste y noroeste para bajar las temperaturas del aire caliente y poder filtrar el aire, mientras que si colocamos aquellas en las otras orientaciones deberán de ser de baja altura para poder permitir la circulación libre del aire entre ellos y los árboles permitiendo el ingreso de la ventilación a la altura de los ocupantes en las plantas bajas.

El estrato herbáceo, es recomendable colocarlos en los puntos sur, suroeste, oeste, noroeste y norte, pudiendo bajar la temperatura de los vientos exteriores en los meses cálidos ayudando a mejorar las condiciones térmicas de la vivienda.

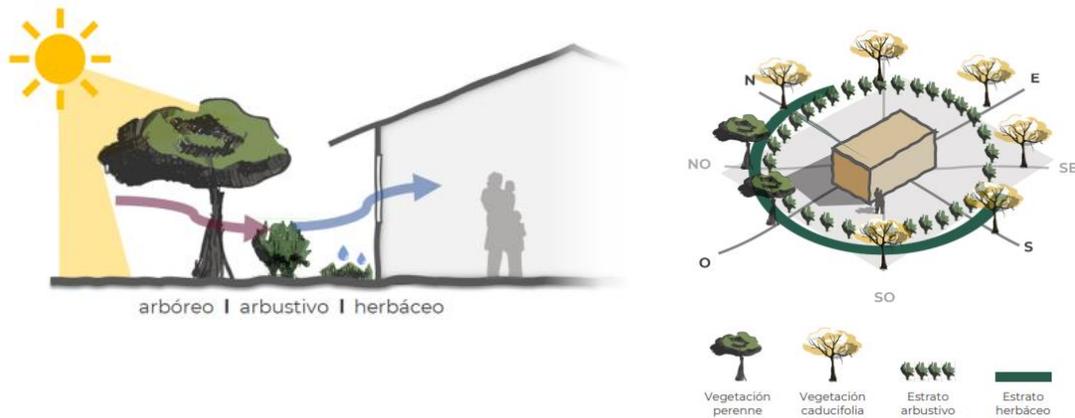


Fig. 19 | Diagramas de la colocación de los estratos de la vegetación para poder controlar fácilmente el ingreso del viento y el aprovechamiento de la radiación solar hacia la vivienda, tomado del documento de diseño de bioclimática de CONAVI el día 03/06/2023.

Por último, tenemos los sistemas constructivos, en el apartado de materiales industrializados de la CONAVI, presenta una clasificación identificados en zonas del clima templado subhúmedo como lo es Puebla. Aquellos que aparecen como condicionados o no recomendados son debido a que por sí solos no contribuyen a crear ambientes de confort, sin embargo, es necesario realizarles alguna modificación o considerar una estrategia adicional como es materiales aislantes o generar sombreado total. Aquí se presentará el listado que CONAVI (**Figura 20**) sugiere para viviendas con materiales industriales que serían aquellas en zonas urbanas y sobre todo casas de interés social o conjuntos habitacionales (Subdirección General de Análisis de Vivienda, 2021).



Materiales industriales				
Sistemas constructivos		Adecuado	Condicionado	No recomendado
Muros	Masivo	Tabique de barro rojo recocido - Block multiperforado de barro rojo recocido	Block macizo de concreto - Block hueco de concreto	Concreto armado - Concretos aligerados/celulares
	Ligero		Tablaroca - Celosías	Panel de cemento
	Aislante		Panel W	
Cubiertas	Masivo	Bóveda de tabique rojo recocido	Concreto armado	
	Ligero		Estructura metálica - Lámina de fibra de vidrio	Losa acero - Lámina metálica - Lámina de policarbonato
	Aislante		Vigueta y bovedilla - Losa reticular	Lámina con relleno
Pisos y entrepisos	Masivo	Terrazo - Concreto armado - Firmes de concreto		
	Ligero	Adoquín	Adocreto - Estructura metálica - Losa acero	Lámina metálica
	Aislante		Losa reticular - Vigueta y bovedilla	Lámina con mortero de tierra:cal
Acabados		Cerámicos - Laminados de madera - Impermeabilizante blanco - Pinturas en colores claros	Mortero cem:are	Impermeabilizante rojo o verde - Pinturas en colores oscuros

Fig. 20 | Listado de materiales industriales para la construcción de viviendas en zonas de clima templado subhúmedo, dividiéndose por muros, cubiertas, pisos y entrepisos y por último acabados, los apartados de sistema masivos son aquellos que cuentan con la capacidad de almacenar calor generando que la temperatura exterior logre transmitirse al interior con un desfase de horas, generando temperaturas interiores más estables y confortables; los sistemas ligeros son aquellos que permiten los cambios de temperatura presentes en el exterior sean los mismos que en el exterior, ya que no almacenan energía, ocasionando que se calienten en verano y se enfríen en invierno; para los materiales aislantes se refiere a aquellos que presentan mayor resistencia a la absorción y transmisión de calor, impidiendo que el calor entre sino que complica a su vez que el calor dentro de la vivienda logre salir, por lo que podrían crearse ambiente o demasiado cálidos y demasiado fríos, tomado del documento de diseño de bioclimática de CONAVI, el día 03/06/2023.

Retomando las dos premisas que CONAVI marca como puntos fundamentales en las viviendas en clima templado subhúmedo tenemos que, en base a las viviendas de interés social existentes, las casas de INVONAVIT cuentan con una de las dos premisas simultaneas; las premisas toman fallo en el diseño arquitectónico en estas viviendas en el Estado de Puebla, el diseño de las viviendas no genera que exista una correcta ventilación ni iluminación en los espacios, generando problemas de confort de temperatura creando así el inicio de nuestras premisas: la falta de una correcta ventilación e iluminación en un espacio puede generar problemas de ambientes que propicien la aparición, desarrollo y extensión de agentes patógenos dañinos para la salud humana; el desequilibrio del confort térmico genera un consumo desmesurado de energía eléctrica que afecta proporcionalmente el costo de mantenimiento y pago de servicios, reflejándose en la calidad de vida de los ocupantes.



3.2. Aplicación del método del balance bioclimático de edificaciones (Bbio) en viviendas de interés social de Puebla

Para poder entender cómo los espacios generan cierta incidencia en la aparición y propagación del Síndrome del Edificio Enfermo, se toma como referencia el modelo de análisis de seguridad en los espacios arquitectónicos de Adrait y Battail⁷, aplicando los criterios de la arquitectura ecológica para analizar la sana y correcta habitabilidad de los espacios (**Anexo 1**). A su vez aplicamos los aspectos del “balance bioclimático de edificaciones (Bbio)” (Adrait, Battail, Michaud, Sommier, & Zambon, 2012), el cual reflejará ciertos valores de la ecología y sustentabilidad en las viviendas mediante valores arrojados por sus fórmulas correspondientes, en relación con las necesidades de calefacción⁸, climatización e iluminación; permite determinar el correcto nivel de diseño bioclimático de un edificio independientemente del sistema y equipamiento que use.

Para ello comenzamos con la primera fórmula que es:

$$Bbio = 2 \times Bbio_{climatización} + 5 \times Bbio_{iluminación}$$

Donde tenemos que la evaluación bioclimática de la climatización comprende el aspecto pasivo del diseño, como también la calidad del aire y sonora del ambiente, en Puebla capital la calidad de aire ha sido de 74 PM-10 en un registro de 24h; la evaluación de iluminación es cuánto tiempo es expuesto el edificio al Sol, tomando en cuenta que en esta ciudad el Sol irradia con mayor fuerza de las 12 pm a las 4 pm, siendo 4 horas de exposición térmica intensa. Podríamos despejar la fórmula de la siguiente manera.

$$Bbio = 2 \times 0.74 + 5 \times 4$$

$$Bbio = (2 \times 0.74) + (5 \times 4)$$

$$Bbio = 1.48 + 20 = 21.48 \text{ kWh/m}^2$$

La arquitectura bioclimática debe de abordar estos 21.48 kWh/m² para poder generar un correcto balance de energía y consumo para facilitar y favorecer el confort térmico, anexando los valores máximos de la evaluación bioclimático del edificio tenemos que

$$Bbio_{max} = Bbio_{maxmedia} \times (Mb_{geo} + Mb_{alt} + Mb_{surf})$$

Donde en el primer aspecto de Bbio media aborda dos coeficientes CE1 para edificios no climatizados y CE2 para edificaciones en zonas calurosas o en zonas urbanas, en este caso al tratarse de un estudio en la zona metropolitana del Municipio de Puebla, y ser en una zona altamente demográfica tomamos como valor el CE2 cuyo coeficiente es de 80 puntos. La altitud de la ciudad es de 2135 msnm, siendo que el Mb altitud sea un valor de 0.4, en el Mb geométrico por la zona

⁷ Adrait, Battail, Michaud, Sommier, Zambon, Traducción en español : Guía del constructor de edificios, aprender la ingeniería civil, 2012, Hachette technique, París, p.185.

⁸ En México se puede aplicar para climatización e iluminación, la calefacción no es un aspecto usado en el país debido al tipo de materiales y grosor de muros que se usa e el diseño, en casos donde las temperaturas lo exigen, por lo general se diseña con aislantes y segunda capa de muros como diseño pasivo, sin embargo, existen casas que usan el sistema activo de la calefacción como lo es aparatos electrónicos, de este modo igual se consume un desgaste energético que se aborda también en esta evaluación



que está le correspondería el valor de 0.9 (Adrait, Battail, Michaud, Sommier, & Zambon, 2012), y por último el Mb de la superficie al ser la mayoría menores de 70 m² tenemos que su valor es de 0.25 para zonas urbanas, resolviendo así la fórmula con los valores correspondientes:

$$Bbio_{max} = 80 \times (0.4 + 0.9 + 0.25) = 80 \times 1.55 = 124 \text{ kWh/m}^2$$

Este valor nos refleja que las viviendas de interés social generan un gran gasto energético por falta de una correcta ventilación e iluminación mediante el diseño de vanos, la poca o nula aplicación de un diseño arquitectónico pasivo en el proyecto refleja el impacto que recae en el habitante del edificio. Es por ello por lo que el diseño ecológico en la arquitectura busca la forma de que el consumo energético no sea bruscamente excedido y se logre generar un consumo sano y suficiente para las actividades del ser humano, sin embargo, no solo recae en la energía si no en los demás aspectos como el consumo y uso de agua y viento. La arquitectura saludable recae aquí también enfatizando que los espacios arquitectónicos sean abordados sabiamente y con estrategias saludables; es así como se crea una extensión de aspectos a tomar en la construcción de nuevas viviendas aplicando cualquier tipología de los estilos pertenecientes a la arquitectura ecológica para una mejor calidad usuario – edificio – entorno (**Anexo 2**). Por consiguiente, aplicamos este modelo de balance (Adrait, Battail, Michaud, Sommier, & Zambon, 2012) con viviendas actuales de interés social construidas en la ciudad de Puebla, analizando dos inmuebles en distintas zonas. El primer inmueble se encuentra en la zona sur de Puebla, mientras que el segundo inmueble se encuentra en la zona este de la metrópolis Poblana. Se eligió la zona sur por su relación con la alta población junto con actividad comercial y de servicios (Ruíz, 2023), junto con la historia que tienen sus unidades habitacionales de INFONAVIT, construidas en 1988 con las primeras de la zona sur siendo: Agua Santa, San Bartolo y San Ramón (Ruíz, 2023), y las últimas en la ciudad de Puebla (Ortega George, Agua Santa, San Bartolo y San Ramón, las colonias que llegaron al sur de Puebla, 2022). Se toma como primera referencia de análisis las viviendas del INFONAVIT de San Bartolo, la cual se analizará los aspectos de habitabilidad, salud y calidad de vida en este tipo de inmueble de hace 35 años para poder llegar a un certamen de qué aspectos y criterios de la arquitectura ecológica pueden aplicarse para mejorar la vivienda y el entorno para sus habitantes, al ser un entorno que necesita obras públicas, existen problemas de seguridad e infraestructura (Ortega George, Agua Santa, San Bartolo y San Ramón, las colonias que llegaron al sur de Puebla, 2022), la importancia de poder identificar el Síndrome del Edificio Enfermo en las unidades y cómo abordarlo en su mitigación o prevención es de suma importancia para poder garantizar una mejora en la calidad de vida de los habitantes de la zona sur de la metrópolis Poblana.

En el segundo caso, que se encuentra en la zona este próxima a la Ciudad Universitaria de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en esta zona se encuentran dos de las más antiguas unidades habitacionales de la ciudad: Amalucan y La Margarita (Ortega George, Infonavit La Margarita ¿Te acuerdas cómo inició la unidad habitacional de Puebla?, 2022), creados para trabajadores de grupos sindicalizados, de bajos ingresos y asalariados en los años 70, siendo la de Amalucan en 1973 y La Margarita en 1799 (Ortega George, Infonavit La Margarita ¿Te acuerdas cómo inició la unidad habitacional de Puebla?, 2022), la cual se tomará al INFONAVIT La Margarita; esta unidad habitacional cuenta con canchas deportivas, escuelas, hospitales y centro comercial (Ortega George, Infonavit La Margarita ¿Te acuerdas cómo inició la unidad habitacional de Puebla?, 2022), lo cual se ve reflejado en el crecimiento de la unidad La Margarita, de igual forma se analizarán los aspectos de habitabilidad, salud y calidad de vida en el inmueble para diagnosticar el



fenómeno del Síndrome del Edificio Enfermo y cómo la arquitectura ecológica puede prevenir su evolución en caso de estar presentes; dando pauta a conocer si el resultado del decrecimiento actual de su calidad de vida por el deterioro de sus unidades (Ortega George, Infonavit La Margarita ¿Te acuerdas cómo inició la unidad habitacional de Puebla?, 2022) ha dado pausa a presentarse en algunas viviendas de la unidad después de 44 años de ser construida la unidad.

3.3 Análisis del balance bioclimático en la vivienda del INFONAVIT San Bartolo y del INFONAVIT La Margarita

En este análisis abordaremos las distintas partes o etapas del balance bioclimático (**Anexos 3 y 4**) que pueden aplicarse en este tipo de vivienda, analizando los resultados para finalizar con un análisis de cómo estos resultados tienen relación con el Síndrome del Edificio Enfermo y que estrategias se optarían para generar un cambio o reforzarlas para la prevención o mitigación del SEE.

Pérdidas térmicas

La importancia de las pérdidas térmicas y las cargas de enfriamiento y calefacción y su relación con el SEE, se debe a conocer si el inmueble logra generar un confort térmico; si el edificio está mal aislado o no cuenta con sistema de enfriamiento o calefacción adaptados al entorno, puede causar cambios de temperatura incómodos en el interior contribuyendo al Síndrome del Edificio Enfermo, los ocupantes pueden sufrir de temperaturas excesivamente calientes en verano o frías en invierno, afectando su bienestar.

INFONAVIT San Bartolo: Edificio 906-E, departamento #8

Original	Concepto	Datos	Unidad	Fuente
	Cálculo de las pérdidas térmicas			
	Pérdida por transmisión de muros	25.2	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de techo	18	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de ventanas	6	W	Adrait et al.
	Área total de enfriamiento	3.6	m ²	ACTERGIE
	Área total de calentamiento	34	m ²	ACTERGIE
	Carga de enfriamiento	972	W/m ² °C	Gonçalves
	Carga de calefacción	9180	W/m ² °C	Gonçalves

INFONAVIT La Margarita: Edificio D-614, departamento #15

Original	Concepto	Datos	Unidad	Fuente
	Cálculo de las pérdidas térmicas			
	Pérdida por transmisión de muros	46.8	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de techo	33.4	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de ventanas	4	W	Adrait et al.
	Área total de enfriamiento	2.4	m ²	ACTERGIE
	Área total de calentamiento	56	m ²	ACTERGIE
	Carga de enfriamiento	648	W/m ² °C	Gonçalves
	Carga de calefacción	15120	W/m ² °C	Gonçalves



El primer muestreo tenemos una carga de enfriamiento⁹ de 972 W/m²°C en comparación del INFONAVIT de La Margarita con una carga de enfriamiento de 648 W/m²°C. Significando que el primer edificio necesita una cantidad de energía más grande para enfriar el aire interior en relación con la temperatura exterior, es decir, necesita una mayor capacidad de enfriamiento para mantener una temperatura agradable en climas cálidos.

La razón de este valor se pueden deber a varios factores, incluido un aislamiento deficiente, una exposición significativa al sol, ventanas de gran tamaño o la presencia de equipos que liberan calor dentro del edificio, en el caso del inmueble de San Bartolo, podríamos atribuirle su alta carga a que no cuenta con un aislamiento en muros, techo y ventanas/puertas adecuadas que permitan nivelar los valores de cargas, a diferencia de Francia o Italia que en el método de construcción están integrados en el esquema de diseño y construcción como en los planos arquitectónicos el aislante en muros, techos y ventanas y en algunos casos en el suelo.

En contraste, el segundo edificio tiene una carga de enfriamiento más baja, lo que significa que requiere menos energía para mantener el confort térmico en climas cálidos. Esto puede indicar un mejor diseño bioclimático, un mejor aislamiento u otros factores que reducen la dependencia del aire acondicionado y pueden considerarse más eficientes energéticamente.

Para el Síndrome del Edificio Enfermo, el primer inmueble puede ser blanco a presentarse debido a la baja capacidad de generar un confort térmico teniendo que usarse ventilación artificial para poder enfriar el ambiente, por lo que al ser un entorno más caluroso es más probable que el habitante sufra de deshidratación paulatina, severa o crónica; incluyendo la fatiga y migraña (Ciencia BBC Mundo, 2016).

Estrategias de la arquitectura ecológica (Oliva, 2006) que se pueden aprovechar son: crear barreras vegetales sobre todo aquellas de estratos altos como árboles o arbustos de mayor altura, no solo permite generar sombra si no que permite ingresar un flujo moderado y adecuado de viento a la vivienda; si es posible cambiar el diseño y orientación de las ventanas de forma que se pueda aprovechar los vientos fríos y crear una ventilación cruzada para poder enfriar de manera natural el o los espacios; e implementar aislantes térmicos adecuados a los muros, techos y ventanas para que puedan mantener fresco el entorno interior en comparación con el exterior.

INFONAVIT San Bartolo

	Concepto	Datos	Unidad	Fuente
Original	Cálculo de las pérdidas térmicas			
	Pérdida por transmisión de muros	25.2	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de techo	18	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de ventanas	6	W	Adrait et al.
	Área total de enfriamiento	3.6	m ²	ACTERGIE
	Área total de calentamiento	34	m ²	ACTERGIE
	Carga de enfriamiento	972	W/m ² °C	Gonçalves
	Carga de calefacción	9180	W/m ² °C	Gonçalves

⁹ Medida de cuánto calor debe eliminar un sistema de aire acondicionado o enfriamiento para mantener la temperatura dentro de un edificio para generar un confort en relación con la temperatura exterior, se expresa en vatios por metro cuadrado por grado Celsius W/m²°C



INFONAVIT La Margarita

Original	Cálculo de las pérdidas térmicas			
	Pérdida por transmisión de muros	46.8	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de techo	33.4	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de ventanas	4	W	Adrait et al.
	Área total de enfriamiento	2.4	m ²	ACTERGIE
	Área total de calentamiento	56	m ²	ACTERGIE
	Carga de enfriamiento	648	W/m ² °C	Gonçalves
	Carga de calefacción	15120	W/m ² °C	Gonçalves

En la segunda carga tenemos la de calefacción, una carga de 9189 W/m²°C para un edificio significa que este edificio requiere 9189 vatios de energía para aumentar la temperatura interior en un grado Celsius por metro cuadrado de superficie en comparación con la temperatura exterior. Del mismo modo, con los 15120 vatios de energía que necesita el otro inmueble para aumentar la temperatura en temporadas frías.

El primer edificio requiere menos energía para mantener la temperatura cómoda en climas fríos, puede indicar un diseño bioclimático más eficiente, el uso de materiales de construcción energéticamente eficientes u otros factores que reducen la pérdida de calor; mientras que el segundo edificio requiere más energía para la calefacción, lo que puede deberse a un aislamiento deficiente, un diseño menos eficiente, una pérdida significativa de calor, exposición al frío u otros factores aumentan la necesidad de calefacción.

En general, una menor carga de calefacción es deseable, ya que indica una mejor eficiencia energética y un menor consumo de energía para la calefacción, lo que puede conducir a menores costos operativos y una menor huella ambiental. El que un espacio sea muy frío y estar en un tiempo prolongado en él puede generar aumento de la presión arterial, dando lugar a ictus y cardiopatía isquémica, como hipotermia, problemas respiratorios y cardiovasculares (Quiroderma, 2019), estos aspectos generan un entorno favorable para la aparición del Síndrome del Edificio Enfermo, afectando seriamente a sus ocupantes.

Estrategias de la arquitectura ecológica para calentar el espacio (Sánchez Inocencio, 2016) pueden ser: utilizar una protección de vientos, buscando resguardarse de los vientos fríos y aprovechar los aires cálidos del lugar, se puede hacer mediante el uso de la vegetación como columnas de protección o de forma de llevar el viento al interior; cubiertas ajardinadas mejoran el aislamiento térmico del edificio, parecido a este se encuentran las cubiertas estanques, se forman al inundar la cubierta o bien colocando sacos o elementos llenos de agua, tiene un comportamiento parecido al de la cubierta ajardinada, aunque está más enfocado al aprovechamiento de la capacidad para almacenar, transportar y ceder energía del agua y su inercia térmica, en invierno recibe la radiación solar durante el día calentando el agua, mientras que en la noche, con la ayuda de un aislante térmico móvil se puede evitar que se pierda y se pueda calentar la vivienda; otra estrategia puede ser el generar un invernadero adosado sin embargo, al ser un cuarto en el tercer piso, se tendría que generar un uso de ventanas de doble cristal o elementos en la ventana que permitan ingresar la mayor calidad de luz natural para calentar el espacio y mantenerse por más tiempo en la noche.



Ventilación

En cuanto a la ventilación, analizamos el volumen total de aire en una casa, pues juega un rol importante en relación con el Síndrome del Edificio Enfermo, principalmente en lo concerniente a la calidad del aire interior. Un volumen de aire permite una mejor circulación del aire interior, eliminando los contaminantes y alérgenos, lo que ayuda a mantener una mejor calidad del aire interior en la vivienda. Debe haber un buen volumen de aire ya que si es un volumen mayor de aire este diluye los contaminantes en el interior del edificio, mientras que, si es menor el volumen en relación con la cantidad de contaminantes, puede conducir a una acumulación de contaminantes nocivos. Al garantizar una mejor calidad del aire interior, el volumen correcto de aire puede ayudar a reducir el riesgo de SEE, como son la irritación de los ojos, nariz y/o garganta, dolor de cabeza y problemas respiratorios.

INFONAVIT San Bartolo

SEE	Cálculo de la ventilación			
Ocupantes	6	personas	Gonçalves	
Volumen de la casa	75.6	m ³	Gonçalves	
Tasa de renovación del aire	0.3	renovación/hora	Adrait et al.	
Ventilación	136.08	renovación/hora	ACTERGIE	
Volumen de aire renovado por hora	22.68	renovación/hora	ACTERGIE	
Volumen total de aire en la casa	226.8	m ³	Gonçalves	

INFONAVIT La Margarita

SEE	Cálculo de la ventilación			
Ocupantes	4	personas	Gonçalves	
Volumen de la casa	32.4	m ³	Gonçalves	
Tasa de renovación del aire	0.3	renovación/hora	Adrait et al.	
Ventilación	38.88	renovación/hora	ACTERGIE	
Volumen de aire renovado por hora	42.12	renovación/hora	ACTERGIE	
Volumen total de aire en la casa	421.2	m ³	Gonçalves	

El primer inmueble tiene un volumen de aire de 226.8 m³, mientras que el segundo tiene un volumen de 421.2 m³. Esto significa que el segundo edificio tiene un volumen de aire interior significativamente mayor que el primero, un mayor volumen de aire puede tener varias implicaciones incluyendo (Alsmo & Holmberg, 2007):

- **Confort:** más volumen de aire puede contribuir a una mejor circulación del aire, pudiendo mejorar el confort térmico y la calidad del aire interior.
- **Espacio:** teniendo un mayor volumen de aire puede crear una mayor sensación de espacio, que puede ser preferible desde una perspectiva de ocupación.
- **Necesidad de calefacción y refrigeración:** un mayor volumen de aire también puede significar que se necesita más energía para calentar o enfriar ese aire, dependiendo de las condiciones climáticas.

Por lo tanto, el segundo inmueble en cuestión del SEE, su alto valor en el volumen del aire interior previene la aparición y/o creación del SEE dentro de sus espacios, protegiendo a sus usuarios y favoreciendo una salud y mayor aprovechamiento de oxígeno; mientras que el primero, el de San Bartolo, puede presentarse el Síndrome más fácil al no contar con un volumen mayor para generar



su limpieza de contaminantes y otras partículas, como la prevención de formación de moho y polvo que pueden afectar a los residentes, agravando su salud a corto o mediano plazo.

Algunas estrategias de la arquitectura ecológica (Burge, 2004) (Bosi, 2022) para este caso de menor volumen sería crear ventanas con dimensiones adecuadas para generar un mejor intercambio de aire y poder limpiar los espacios, introducir aire caliente y la salida de aire frío o viceversa dependiendo del tiempo del año y las condiciones climáticas.

Ganancias solares

La importancia de conocer las ganancias solares¹⁰ en el balance bioclimático de estas edificaciones se encuentran en saber su gestión de temperatura, siendo un aspecto fundamental en el diseño bioclimático, pudiendo utilizar las ganancias solares para reducir la dependencia de los sistemas de calefacción en invierno, reduciendo sus costos operativos y la huella de carbono; y conocer los aspectos de su iluminación natural, pues contribuyen al ingresar más luz de día al interior mejorando la comodidad visual de los ocupantes y reduciendo la dependencia de la iluminación artificial.

El exceso de ganancias solares en el verano puede hacer que el edificio se sobrecaliente, lo que provoque síntomas del SEE como dolores de cabeza, deshidratación y problemas de concentración. También puede obligar a los ocupantes a usar el aire acondicionado en exceso, lo que puede llegar a afectar la calidad del aire interior.

Para evitar un sobrecalentamiento excesivo en verano, la arquitectura ecológica debe incorporar estrategias de gestión solar, como el uso de persianas, toldos o acristalamientos especiales, para controlar la cantidad de calor solar que entra en la vivienda; es importante equilibrar las ganancias solares para poder aprovechar del calor solar en invierno y minimizarlo en verano, buscando mantener un ambiente interior cómodo y saludable durante todo el año.

INFONAVIT San Bartolo

Original	Cálculo de las ganancias solares			
	Ganancias solares directas	8.41	kWh	Adrait et al.
	Superficie de aberturas	3.60	m ²	Gonçalves
	Porcentaje de Iluminacion natural	16%		ACTERGIE
	Iluminacion natural	21.84	lux	

INFONAVIT La Margarita

Original	Cálculo de las ganancias solares			
	Ganancias solares directas	5.61	kWh	Adrait et al.
	Superficie de aberturas	2.40	m ²	Gonçalves
	Porcentaje de Iluminacion natural	5%		ACTERGIE
	Iluminacion natural	27.04	lux	

El primer edificio que muestra una ganancia solar de 8.41 kWh, esto quiere decir que captura y utiliza una mayor cantidad de energía solar que el segundo edificio que solo capta y usa 5.61 kWh. Estos valores pueden indicar que el primer edificio es más eficiente energéticamente al usar energía solar para la calefacción u otras necesidades, o bien, que está mejor orientado para maximizar la exposición al sol. No obstante, es importante tener en cuenta que el rendimiento de la ganancia

¹⁰ Indican la cantidad de energía solar capturada y utilizada por un edificio para calefacción u otras necesidades energéticas, se expresan en kilovatios hora (kWh)



solar puede verse influenciado por factores como la orientación del edificio, la calidad del acristalamiento, la eficiencia del aislamiento, la geolocalización y el clima local, entre otras.

Dentro de este cálculo podemos observar que la vivienda de San Bartolo obtiene un mayor porcentaje de iluminación natural de 16%, en contraste al 5% que obtiene el de Las Margaritas; su diferencia se encuentra en la orientación que están los departamentos, siendo el de San Bartolo orientado al noroeste mientras que el de La Margarita está orientado al sureste, sumándole que los valores obtenidos pueden diferir dependiendo del tiempo de día y hora del día. Estos valores obtenidos del porcentaje de iluminación están relacionados a sus respectivas ganancias solares lo que muestra que el inmueble de San Bartolo le da más luz a sus caras pudiendo aprovecharse.

En invierno esto es bueno debido a que puede aprovechar el sol para calentar la vivienda, a diferencia que en verano pueden sufrir por la luz solar que les impacta directamente (Botticini, Facchinelli, & Turelli, 2022); con relación a sus cargas de calefacción, el departamento de San Bartolo no necesita tanta energía para calentar sus espacios pero sí para enfriarlos, caso inverso es el departamento de La Margarita, que al tener mayor sombra en verano no necesita mucha energía para enfriar los espacios pero en invierno si necesita mayor energía para calentar la vivienda.

Ambos pueden presentar aspectos o problemas del Síndrome del Edificio Enfermo, por lo que algunas estrategias de la arquitectura ecológica que podrían ayudar en el caso de sobrecalentamiento en verano y elevados fríos en invierno son los mismos aspectos para el de pérdidas y ganancias térmicas y ventilación, sin embargo en este caso priorizando la colecta de mayor luz de día posible en invierno para el caso de La Margarita y la entrada de mayor viento frío en verano para la vivienda en San Bartolo.

Equipos eléctricos

El cálculo de equipamiento eléctrico en el balance bioclimático es importante para conocer en primer lugar las emisiones de contaminantes, pues algunos equipos como los aparatos de calefacción, refrigeración, de cocina y limpieza pueden emitir contaminantes al aire interior, pudiendo incluir compuestos orgánicos volátiles (COV), partículas finas y otros contaminantes; una sobrecarga de energía en estos equipos pueden aumentar la temperatura interior, lo que puede afectar el confort térmico, además, este incremento contribuye al aumento de la humedad si no se ventilan adecuadamente.

La selección de equipos eléctricos energéticamente eficientes puede reducir la carga eléctrica general de la casa, minimizando la cantidad de calor y humedad generada reduciendo la dependencia del aire acondicionado.

INFONAVIT San Bartolo

SEE	Cálculo de equipos eléctricos		
Cantidad de equipos eléctricos			
Lavadora	1.00		
Consumo del equipo eléctrico	13.00	kWh	SENER
Refrigerador	1.00		
Consumo del equipo eléctrico	156.00	kWh	SENER
Televisor	3.00		
Consumo del equipo eléctrico	90.00	kWh	SENER
Ventilador	1.00		
Consumo del equipo eléctrico	17.00	kWh	SENER
Calefactor	0.00		
Consumo del equipo eléctrico	0.00	kWh	SENER
Consumo total	276.00	kWh	



INFONAVIT La Margarita

SEE	Cálculo de equipos eléctricos		
	Cantidad de equipos eléctricos		
	Lavadora	1.00	
	Consumo del equipo eléctrico	13.00	kWh SENER
	Refrigerador	1.00	
	Consumo del equipo eléctrico	156.00	kWh SENER
	Televisor	2.00	
	Consumo del equipo eléctrico	90.00	kWh SENER
	Ventilador	1.00	
	Consumo del equipo eléctrico	17.00	kWh SENER
	Calefactor	1.00	
	Consumo del equipo eléctrico	180.00	kWh SENER
	Consumo total	456.00	kWh

El consumo del primer edificio de 276 kWh frente a los 456 kWh del segundo edificio, reflejan la cantidad de electricidad utilizada por cada edificio para alimentar todos sus equipos eléctricos, incluyendo electrodomésticos, iluminación, aire acondicionado, calefacción eléctrica, lavadoras, etc.

El primer inmueble parecer ser más eficiente energéticamente que el segundo dado que utiliza menos electricidad para alimentar sus equipos electricos, pudiendo indicar que cuenta un diseño más eficiente al tratar equipos más eficientes energéticamente o hábitos de consumo más responsable, sin embargo, la diferencia se debe a la cantidad de equipos y su demanda de consumo eléctrico, pues el segundo cuenta con más unidades por lo que consuman más cantidad de energía.

El tener menos equipos o tener equipos eficientes energéticamente se refleja en los menores costos de energía, dado que un menor consumo de electricidad generalmente resulta en facturas de electricidad más bajas, sumándole a este beneficio, en tema ecológico un edificio con menor consumo de energía eléctrica generalmente contribuye a reducir la huella ambiental, siendo beneficioso para la sostenibilidad (CCA Montréal, 2012).

Entre menos consumo energético se tenga en un edificio menos es la presencia e impacto nocivo del Síndrome del Edificio Enfermo (Burge, 2004), si se modera el uso de la televisión y computadores ayuda a la salud humana física y mental, reduciendo dolores de vista, cabeza y articulaciones como dolores de espalda (Burge, 2004), el uso moderado del aire acondicionado contra el uso continuo del aire acondicionado evita el surgimiento de problemas de salud como migraña, problemas respiratorios, deshidratación, irritación de piel, y en los espacios evita el surgimiento de moho u otros hongos y bacterias que aparezcan por la presencia de una humedad no adecuada en el interior y una calidad de aire interior no saludable (Alsmo & Holmberg, 2007).

En este caso, aspectos de la arquitectura ecológica (Oliva, 2006) recomendables es la aplicación de estrategias de las casas pasivas, las cuales buscan reducir el consumo eléctrico, que para estos casos lo recomendable es usar aquellos equipos con etiqueta ecológica, lo que significa que su consumo eléctrico es menor a los equipos estándares, normalmente las etiquetas vienen en los costados del equipo mostrando cuanto es el porcentaje de ahorro y cuanto consume, ambos puntos son importes para conocer de qué forma contaminan menos el interior de la casa y cuanto ahorro en la tarifa eléctrica generan.



Temperatura interior

El aislamiento efectivo y la impermeabilización del edificio son esenciales para mantener temperaturas interiores estables y confortables, las necesidades excesivas de calefacción y refrigeración pueden ser el resultado de un aislamiento deficiente, lo que puede conducir a un consumo excesivo de energía y problemas de confort térmico (Cacciatore & Lui, Il clima nella casa. Sei case di Harquitectes a Barcellona, 2022).

La elección y el diseño de los sistemas de calefacción y refrigeración juegan un papel crucial; los sistemas mal mantenidos o de gran tamaño pueden causar fluctuaciones de temperatura, mala humedad del aire y mala calidad del aire interior (Bilbao, La fantasía de la vivienda que habitamos, 2023). Las necesidades de calefacción y refrigeración influyen en la humedad del aire interior, una humedad excesiva o insuficiente puede tener un impacto negativo en la salud de los ocupantes al promover el crecimiento de moho (Ghaeeni, 2021).

Los cálculos de la temperatura interior y las necesidades de calefacción y refrigeración permiten crear un ambiente interior cómodo y saludable, aspectos esenciales para la prevención del Síndrome del Edificio Enfermo al considerar estrategias como un diseño ecológico adecuado, un aislamiento eficiente, una gestión adecuada de los sistemas de calefacción y refrigeración, así como una ventilación adecuada son elementos clave para lograr esta prevención del SEE.

INFONAVIT San Bartolo

Original	Cálculo de la temperatura interior			
	Ganancias totales	45.84	kWh	Adrait et al.
	Pérdidas totales	49.20	W	Adrait et al.
	Capacidad térmica efectiva	20	kWh/°C	Gonçalves
	Temperatura interior	9.83	°C	Gonçalves
	Necesidades de calefacción	7560.00	kWh	ACTERGIE
	Necesidades de refrigeración	403.47	kWh	ACTERGIE

INFONAVIT La Margarita

Original	Cálculo de la temperatura interior			
	Ganancias totales	45.56	kWh	Adrait et al.
	Pérdidas totales	84.23	W	Adrait et al.
	Capacidad térmica efectiva	20	kWh/°C	Gonçalves
	Temperatura interior	8.07	°C	Gonçalves
	Necesidades de calefacción	14040.00	kWh	ACTERGIE
	Necesidades de refrigeración	9963.53	kWh	ACTERGIE

Para el primer edificio que tiene un valor de 7560 kWh de energía para mantener una temperatura interior confortable durante el periodo de calefacción puede significar que es más eficiente energéticamente y económico el edificio en términos de calefacción. El segundo inmueble requiere 14040 para su calefacción, que es significativamente más alto que el primer edificio, esto puede indicar que el segundo edificio está menos aislado, menos eficiente energéticamente o sujeto a temperaturas exteriores más frías. Del mismo modo tenemos con sus necesidades para enfriar el espacio, con una comparación del de San Bartolo de 403.47 kWh contra los 9963.53 kWh de La Margarita, un valor significativamente más alto puede indicar que el inmueble está menos aislado, es menos eficiente energéticamente o que está sujeto a temperaturas exteriores muy altas.



La orientación de los inmuebles genera que uno consuma más energía para poder calentarse y enfriarse a comparación del que mediante su orientación y ubicación topográfica (y quizás orográfica) generan estas variaciones de valores de consumo (Agne, 2016).

Con estos valores, el segundo inmueble puede ser más propenso a padecer problemas del Síndrome del Edificio Enfermo que pueden agravar la calidad de vida y la salud física y mental de sus habitantes, algunas estrategias de la arquitectura ecológica que se pueden utilizar para aquellos inmuebles donde sus valores de necesidades de calefacción y refrigeración son elevados se pueden optar por mejorar el aislamiento del edificio, especialmente en las paredes, techo y ventanas, el uso de aislamiento de alta calidad puede ayudar a mantener el calor en el interior durante el invierno y evitar que entre calor excesivo durante el verano; tener una ventilación natural bien diseñada ayuda a enfriar el edificio sin la necesidad de aire acondicionado, mediante el uso de sistemas de ventilación que aprovechan las corrientes de aire naturales, puede evacuar el aire caliente y llevar aire fresco al interior; usar dispositivos de protección solar como persianas, películas reflectantes, toldos o cortinas, entre otras para minimizar las ganancias solares no deseadas durante los periodos calurosos; o bien, instalar paneles solares fotovoltaicos para generar electricidad a partir de energía solar, ayudando a alimentar las necesidades energéticas del edificio.

Cálculo de carbono en el patio

El patio puede servir como reservorio de calidad de vida y seguridad de los habitantes, sin embargo, si el patio está mal diseñado o si se utilizan materiales de construcción inadecuados, puede ser una fuente de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y otros contaminantes, la presencia de un patio puede modificar la circulación de aire en un edificio, si existe un diseño deficiente del patio o una ventilación inadecuada puede conducir a una acumulación de contaminantes en el aire interior.

Para tener en cuenta estos aspectos como parte de un balance bioclimático, es necesario cuantificar las emisiones de carbono asociadas al patio (y a todo el edificio). Esto puede incluir la evaluación de los materiales de construcción utilizados, la eficiencia energética de los aparatos o equipos en el patio, la ventilación, la cantidad de vegetación en el patio y alrededores, etc., para poder garantizar una circulación de aire adecuada.

INFONAVIT San Bartolo

SEE	Cálculo de carbono en el patio			
	Árboles			SEMARNAT
	Biomasa total	100	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	50	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	20	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	10	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	200	kg de carbono	Gonçalves
	Arbustos			SEMARNAT
	Biomasa total	120	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	60	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	10	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	6	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	60	kg de carbono	Gonçalves
	Herbáceas			SEMARNAT
	Biomasa total	8	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	8	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	0.5	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	1	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	0.5	kg de carbono	Gonçalves
	Cálculo total de sumidero de carbono	118	kg de carbono	Gonçalves



INFONAVIT La Margarita

SEE	Calculo de carbono en el patio			
	Árboles			SEMARNAT
	Biomasa total	600	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	300	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	20	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	10	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	200	kg de carbono	Gonçalves
	Arbustos			SEMARNAT
	Biomasa total	160	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	80	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	10	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	6	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	60	kg de carbono	Gonçalves
	Herbáceas			SEMARNAT
	Biomasa total	8	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	8	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	0.5	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	1	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	0.5	kg de carbono	Gonçalves
	Cálculo total de sumidero de carbono	388	kg de carbono	Gonçalve

Lo que muestran estos valores es que el segundo edificio tiene una capacidad significativamente mayor para absorber y almacenar CO² de la atmosfera en comparación con el primer edificio, en otras palabras, el segundo edificio es más eficiente en términos de compensación de emisiones de carbono.

Las razones de estas diferencias varían al depender de factores como la cantidad de vegetación en el patio, el tamaño de sus árboles, tipo de suelo, la calidad de los materiales de construcción, etc. Un edificio con vegetación más abundante, árboles más maduros y materiales de construcción como un buen diseño de paisaje residencial pueden generar más sumideros de carbono (Clément G. , Le jardin en mouvement, 2017).

La vegetación usada como recurso de arquitectura ecológica ayuda a prevenir el Síndrome del Edificio Enfermo (Agne, 2016) (Gonçalves, 2020) y mejorar los sumideros de carbono (Gallo & Romano, 2017), para ello se busca maximizar el uso de pequeños jardines (Cardelus, 2018) y huertos (Borowski, 2022) en un patio para sumideros bajos en carbono, pueden considerarse los siguientes aspectos (Clément G. , Le jardin en mouvement, 2017):

- Elegir plantas que se adapten al clima de la región o zona para garantizar su supervivencia y crecimiento saludable.
- Usar prácticas de jardinería respetuosas con el medio ambiente, como el riego eficiente, el manejo de desechos orgánicos y el uso de métodos orgánicos para controlar las plagas.
- Incorporar plantas nativas que pueden ser particularmente efectivas para apoyar la vida silvestre local y contribuir a la biodiversidad.
- Promover la permacultura o el cultivo orgánico para minimizar el uso de productos químicos y maximizar la sostenibilidad del jardín o del patio.

En cuanto a los aspectos de CO² presentes en el edificio, el balance bioclimático muestra dos distintos valores, para el primer edificio un valor de 126.408 kg de carbono frente a los 208.848 kg de carbono del segundo inmueble.



INFONAVIT San Bartolo

SEE	Cálculo de CO ₂			
	Emisiones de CO ₂	126.408	kg de carbono	Gonçalves
SEE	Cálculo de índice de Calidad de Aire en el Interior (IAQ)			
	Concentración de COV	410.28	µg/m ³	SEMARNAT
	Compuestos orgánicos volátiles totales	0.41028	µg/m ³	

INFONAVIT La Margarita

SEE	Cálculo de CO ₂			
	Emisiones de CO ₂	208.848	kg de carbono	Gonçalves
SEE	Cálculo de índice de Calidad de Aire en el Interior (IAQ)			
	Concentración de COV	410.28	µg/m ³	SEMARNAT
	Compuestos orgánicos volátiles totales	0.41028	µg/m ³	

Esto significa que el segundo edificio emite más CO² que el primero, lo que indica un mayor impacto climático, en otras palabras, el segundo edificio contribuye más a las emisiones de gases de efecto invernadero y al cambio climático que el primer edificio.

Para reducir estas emisiones de CO² y minimizar el impacto ambiental de un edificio, se recomienda implementar medidas de eficiencia energética (Adrait, Battail, Michaud, Sommier, & Zambon, 2012) (Alsmo & Holmberg, 2007), reducir el consumo de energía, mejorar el aislamiento térmico, adoptar materiales de construcción sostenibles y promover prácticas de construcción respetuosas con el medio ambiente (Laquatra, Pillai, Singh, & Syal, 2008).

Es importante tener en cuenta que estas emisiones de CO² se compensan con los sumideros de carbono, pues al tener mejor sumidero el segundo inmueble comparado al primero, se nivelan los aspectos para la huella ecológica, sin embargo para una mejor contribución al cambio climático y que sea un diseño de arquitectura ecológica, lo recomendable es que su consumo energético y sus emisiones de CO₂ sean bajos mientras que sus sumideros de carbono sean altos; esto también beneficia a la prevención del SEE al generar un entorno de buena salud, buena calidad de vida y buena habitabilidad para los residentes y habitantes.

El que ambos edificios muestran un resultado de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) totales es de 0.41028 µg/m³ indica que los niveles de COV en el aire de ambos edificios son relativamente bajos, esto quiere decir que sus niveles de COV son aceptables para la salud y comodidad de los ocupantes (Agne, 2016).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que incluso las concentraciones bajas de algunos COV pueden tener un impacto en la calidad del aire interior. Algunos COV pueden ser emitidos por fuentes tales como productos de limpieza, materiales de construcción, muebles, pinturas, pisos, etc. Por lo tanto, es importante generar un continuo monitoreo de los COV y mantener sus niveles lo más bajos posibles para garantizar un ambiente interior saludable.

Estos valores fueron tomados con forme a los registros de COV emitidos por SEMARNAT para el estado y ciudad de Puebla, en la que se seleccionaron los COV por actividades domésticas de acuerdo en el registro de Calidad del Aire de SEMARNAT para Puebla 2022.



Totales

INFONAVIT San Bartolo

General	Total del cálculo de balance bioclimático		
	Balance energético neto	16451.29	kWh

INFONAVIT La Margarita

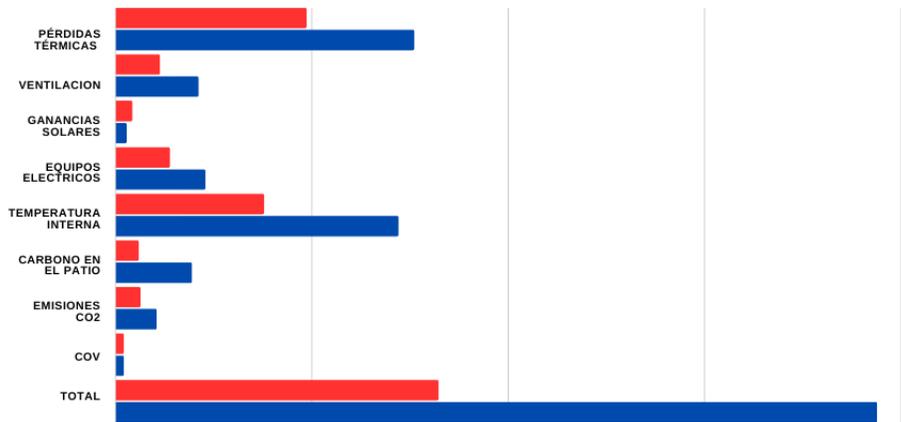
General	Total del cálculo de balance bioclimático		
	Balance energético neto	38782.51	kWh

Grafica comparativa de los balances bioclimáticos

BALANCE BIOCLIMÁTICO DE EDIFICIOS (BBIO) APLICADO A VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL

Comparación de Resultados

■ VIVIENDA DE SAN BARTOLO
■ VIVIENDA DE LA MARGARITA



Lo que se puede observar es que el departamento de La Margarita tiene un balance bioclimático global menos favorable que el departamento de San Bartolo, en términos de sostenibilidad, salud de los ocupantes e impacto ambiental. Podemos inferir que el edificio 2 parece tener problemas relacionados con la eficiencias energética, las emisiones de gases de efecto invernadero, sus necesidades de calefacción o refrigeración, etc.

Los equilibrios bioclimáticos menos favorables de la vivienda en La Margarita pueden aumentar el riesgo del SEE; sus problemas potenciales se concentran en la mala ventilación, los altos niveles de CO², mala calidad del aire interior, aislamiento insuficiente, entre otros, contribuyendo a condiciones de vida incomodas y problemas de salud para los ocupantes.

Para remediar esta situación, se pueden usar estrategias ecológicas (Sánchez Inocencio, 2016) como la mejora de la eficiencia energética, la optimización de la ventilación, el uso de materiales de construcción saludables, la reducción de las emisiones de CO² y otras prácticas de construcción ecológica para mejorar la calidad de vida en la vivienda de La Margarita y reducir el impacto del SEE.



Para poder diseñar una vivienda con los aspectos de la arquitectura ecológica y prevenir la aparición del SEE o mitigar sus efectos (Scardigno, 2023) (Adrait, Battail, Michaud, Sommier, & Zambon, 2012) (Schuit, Ratnesar-Shumate, Yolitz, Hevey, & Dabisch, 2020), lo recomendable es generar una tabla (**Anexo 1**) de los aspectos ecológicos que se pueden abordar en el diseño de vivienda de interés social, como generar un programa (**Anexo 2**) de cómo abordar los puntos más importantes conociendo el clima de la zona y como se puede aprovechar para generar un diseño más eficiente energéticamente y saludable contra el Síndrome del Edificio Enfermo, en este caso en obra existente se tendría que hacer un análisis más detallado en cada fase para poder garantizar la mejora para posteriormente generar una nueva evaluación y comparar los valores entre el primer análisis (estado original) y el nuevo análisis (intervención realizada), sacando notas de donde hubo mejora y de qué forma asegura una salud y calidad mayor sobre el SEE (Sánchez Inocencio, 2016).

CONCLUSIONES

RECORRÍ UN LARGO CAMINO,
DURANTE MUCHO TIEMPO.

--TOM HANKS





Conclusiones

Esta tesis trata de demostrar cómo la arquitectura ecológica puede ayudar a la salud humana y al bienestar humano mediante sus estrategias de diseño ecológicas y medioambientales. Partiendo de la hipótesis que la arquitectura ecológica puede mitigar el impacto dañino en la salud del ser humano mediante estrategias ecológicas para la prevención del Síndrome del Edificio Enfermo.

Para comenzar, tenemos el primer capítulo en el que se abordan los aspectos del Síndrome del Edificio Enfermo y su impacto en la arquitectura, en esta parte de la tesis detectamos que toda vivienda, sobre todo aquella de interés social es susceptible a la aparición de este fenómeno de la salud que mediante la actual situación ambiental puede empeorar la situación de salud y calidad en los espacios de la vivienda.

Agregado a lo anterior, en el capítulo dos se analizan qué estrategias ecológicas y acciones o apoyos gubernamentales y no gubernamentales abordan el bienestar del ciudadano y la accesibilidad a una vivienda sustentable y ecológica, puntos clave que permiten analizar la factibilidad de salud y calidad de vida aplicadas en la vivienda de interés social

Para finalizar, en el capítulo tres analizamos dos viviendas de interés social de distintas unidades habitacionales ubicadas en diferentes zona de la ciudad de Puebla, en las que, mediante la aplicación del modelo de balance bioclimático de edificaciones (Bbio), se analizan mediante fase por fase los aspectos de diagnóstico para una vivienda bioclimática, donde comparando los valores arrojados del balance se generan dictámenes sobre cuál puede ser susceptible o cuenta ya con la aparición del Síndrome del Edificio Enfermo, de manera que se sugieren estrategias de la arquitectura ecológica para mitigar o prevenir la aparición de este problema médico y evitar su propagación.

Ciertamente el Síndrome del Edificio Enfermo ha demostrado ser un problema serio para la arquitectura, el trayecto ejecutado en la investigación de este problema me ha llevado a conocer autores nacionales e internacionales que han desarrollado artículos y libros que abordan la importancia de generar espacios habitables y viviendas sanas para mejorar la calidad de vida del ser humano. La arquitectura ecológica, y sus ramas de diseño (Arquitectura bioclimática, Casa Pasiva, Energía Neto Cero, etc.) y sus estrategias de diseño ecológico (uso de paneles solares, uso de protectores solares, captación de agua, uso de vegetación en muros y azoteas, diseño de doble cubierta, uso de equipos de ahorro energético, uso de materiales sustentables para la construcción y decoración, etc.) han podido demostrar que generan un incremento en la calidad de vida del habitante mediante la disminución a la exposición de equipos y sistemas que afecten a la salud en tiempos prolongados; dicho de otro modo, la aplicación de la arquitectura ecológica mitiga la aparición de fenómenos médicos y ambientales dañinos para la salud del humano, particularmente al Síndrome del Edificio Enfermo.

Si bien este estudio se enfocó exclusivamente en las viviendas de interés social, sería prudente trasladar esta investigación hacia otros sectores de la arquitectura como la hotelera, industrial, escolar y hospitalaria; entre otras más. Con esto nos referimos a la flexibilidad de esta investigación resaltando la importancia de la salud física y mental del usuario y su entorno, con el objetivo de determinar si los resultados obtenidos son los mimos.



Se espera que esta tesis sea de utilidad y ayuda para tomar las medidas necesarias para revertir esta situación actual de las enfermedades físicas y mentales a causa del Síndrome del Edificio Enfermo, buscando que la salud de los usuarios en general ingrese en la agenda tanto política como arquitectónica.

Con la intención de que esta tesis sea una base de apoyo bibliográfico para futuras investigaciones del Síndrome del Edificio Enfermo en la vivienda de interés social, buscando generar desde la docencia nuevos modelos y estrategias de diseño ecológico, por lo que formula tres preguntas, que, para una investigación de Doctorado, se siga la trayectoria generada en esta tesis de Maestría; estas preguntas sin respuesta por el momento son:

1. ¿Cómo se puede integrar de manera efectiva la enseñanza sobre el Síndrome del Edificio Enfermo y los principios de diseño ecológico en el currículo de las escuelas de arquitectura para preparar a los futuros arquitectos en la creación de edificios saludables y sostenibles?
2. ¿Cuál es el impacto de la exposición de los estudiantes de arquitectura a proyectos reales de viviendas de interés social que incorporan diseño ecológico en la comprensión y apreciación de los desafíos y soluciones relacionados con el Síndrome del Edificio Enfermo?
3. ¿Cuáles son las mejores prácticas pedagógicas para fomentar la conciencia interdisciplinaria entre estudiantes de arquitectura y otros profesionales de la salud y la sostenibilidad, con el fin de abordar de manera efectiva el Síndrome del Edificio Enfermo en proyectos de diseño arquitectónico?



Anexos



Anexo 1. Tabla programa de diseño sustentable

3.2	Optimizar el envolvente del edificio para mejorar su rendimiento térmico (aislamiento térmico al norte, sellado de ventanas y juntas constructivas).
3.3	Proveer iluminación natural (tragaluces, domos, persianas, parasoles).
3.4	Proveer ventilación natural (ventilación directa, cruzada, barlovento y sotavento, ventanas, ventilas, ventiladores pasivos).
3.5	Proveer ecotecnologías para la adecuada ganancia o pérdida del calor (para ventilar y enfriar principalmente).
3.6	Control de humedad al interior del inmueble.
Control activo para el rendimiento de energía en el edificio	
3.7	Iluminación artificial (reducir la energía por medio de lámparas ahorradoras, uso de sensores y actuadores inteligentes).
3.8	Ventilación artificial (sistemas de aire acondicionado y ventiladores eléctricos combinados con sensores y actuadores inteligentes o automatizados).
3.9	Ganancia o pérdida de calor artificial (sistemas de aire acondicionado y calefacción combinados con sistemas inteligentes o automatizados).
3.10	Humidificación y deshumidificación artificial e inteligente.
Diseño eficiente de los sistemas electromecánicos	
3.11	Proveer una adecuada instalación de iluminación artificial.
2. Estrategias de agua	
2.1	Mínimo de tuberías e instalaciones y eficiencia en las conexiones.
2.2	Aseguramiento y medición del rendimiento de la cantidad del agua (en el edificio completo, por partes o en condominio).
2.3	Instalaciones adicionales tanto en tubería como en conexiones para reducir el consumo del agua de 10 a 40% (uso de lavabos, mingitorios e inodoros ahorradores, y de sensores de tiempo en lavabos y mingitorios).
2.4	Reducción del consumo del agua de la red usando agua de lluvia (30%).
2.5	Uso del agua almacenada en torres de enfriamiento en climas cálidos.
2.6	Uso de sistemas para el aprovechamiento de aguas grises en aplicaciones no potables (incluye tratamiento biológico y químico).
2.7	Tratamiento de aguas negras.
2.8	Revisión y control de fugas de agua en las tuberías o muebles hidricos.
2.9	Control, diagnostico y revisión de contacto y existencia de Radón en el suelo y fuentes contaminantes cercas.
3. Estrategias de energía	
Control pasivo para rendimiento de energía en el edificio	
3.1	Orientación del edificio para aprovechar la ganancia o pérdida de calor.



3.2	Optimizar el envolvente del edificio para mejorar su rendimiento térmico (aislamiento térmico al norte, sellado de ventanas y juntas constructivas).
3.3	Proveer iluminación natural (tragaluces, domos, persianas, parasoles).
3.4	Proveer ventilación natural (ventilación directa, cruzada, barlovento y sotavento, ventanas, ventilas, ventiladores pasivos).
3.5	Proveer ecotecnologías para la adecuada ganancia o pérdida del calor (para ventilar y enfriar principalmente).
3.6	Control de humedad al interior del inmueble.
Control activo para el rendimiento de energía en el edificio	
3.7	Iluminación artificial (reducir la energía por medio de lámparas ahorradoras, uso de sensores y actuadores inteligentes).
3.8	Ventilación artificial (sistemas de aire acondicionado y ventiladores eléctricos combinados con sensores y actuadores inteligentes o automatizados).
3.9	Ganancia o pérdida de calor artificial (sistemas de aire acondicionado y calefacción combinados con sistemas inteligentes o automatizados).
3.10	Humidificación y deshumidificación artificial e inteligente.
Diseño eficiente de los sistemas electromecánicos	
3.11	Proveer una adecuada instalación de iluminación artificial.
3.12	Maximizar el rendimiento de los sistemas electromecánicos (posible uso de capacitores eléctricos).
3.13	Uso eficiente de los equipos y aparatos.
3.14	Instalación de dispositivos eléctricos reductores del consumo de energía eléctrica (capacitores).
Uso de energía de bajo impacto ambiental	
3.15	Uso de energías renovables u otras fuentes alternas (fotovoltaica con un máximo de 10% de la carga total instalada y calentamiento pasivo del agua).
Simular el total de la energía que se usará	
3.16	Integrar los sistemas y reducir el uso total de la energía hasta 30% (se estima 20% en relación con edificios convencionales).
4. Estrategias de confort al interior	
Calidad del aire al interior	
4.1	Controlar la humedad y prevenir agentes infecciosos (integrar sensores de humedad en el sistema de aire acondicionado).
4.2	Proveer buena ventilación para mayor confort térmico y patógeno.
4.3	Control de tabaco (usando señalización)
4.4	Control de la calidad del aire al interior (plan y monitoreo, utilizando sensores de CO ₂)



Factores humanos	
4.5	Proveer buenas condiciones térmicas (diseño pasivo y activo).
4.6	Proveer buena iluminación (diseño pasivo y activo).
4.7	Proveer buena ventilación (diseño pasivo y activo).
4.8	Proveer buenas condiciones acústicas (diseño pasivo y activo).
4.9	Proveer buenas condiciones de vibraciones (diseño pasivo y activo).
4.10	Proveer un adecuado desahogo visual al exterior (diseño pasivo y activo).
4.11	Controlar los malos olores externos (diseño pasivo y activo).
4.12	Control del confort por ocupación y ergonomía (diseño pasivo y activo).
4.13	Control de condiciones de humedad (diseño pasivo y activo).
Otros factores	
4.14	Limpieza y mantenimiento del inmueble.
4.15	Productos y equipos usados para limpieza y mantenimiento (de tipo biodegradable).
4.16	Control interno de contaminantes químicos y físicos (manual de limpieza y mantenimiento).
5. Estrategias en materiales de construcción	
5.1	Evaluación de las propiedades de los materiales y disminución de volúmenes en la obra.
Extracción de materias primas	
5.2	Uso de materiales de bajo impacto ambiental durante su ciclo de vida.
Producción	
5.3	Uso de materiales recuperados y remanufacturados.
5.4	Uso de materiales y productos con contenido reciclado.
5.5	Uso de materiales renovables.
Distribución	
5.6	Uso de materiales producidos localmente.
Instalación y construcción	
5.7	Uso de materiales de baja emisión de sustancias volátiles (evitar materiales como selladores y pinturas con alto índice de COV).
5.8	Uso de materiales durables (estimar o revisar la vida útil que marca el fabricante).
Reúso y reciclamiento	
5.9	Uso de materiales reusables, reciclables y biodegradables.
6. Estrategias en desperdicios de construcción	
6.1	Reducción de los desechos y desperdicios en todo el ciclo de vida.
6.2	Manejo apropiado de los residuos peligrosos.
6.3	Elaboración de un manual de mantenimiento para reducir desperdicios en todo el ciclo de vida del inmueble.



Conservación de recursos	
6.4	Reúso de edificios ya existentes (o también conservar o reusarlo en partes).
6.5	Diseño para un menor uso de materiales.
6.6	Diseño de edificios flexibles y durables.
6.7	Diseño de edificios para ser desmantelados, no demolidos.
Manejo de desperdicios	
6.8	Ahorrar y reciclar los desperdicios de demolición.
6.9	Reducir, reusar y reciclar los desperdicios de construcción.
6.10	Reducir y reciclar los desperdicios de empaquetado de productos.
6.11	Reducir y reciclar los desperdicios de los usuarios del edificio.
6.12	Reducir y desechar apropiadamente los desperdicios peligrosos.
7. Vegatalización y calidad del entorno urbano	
7.1	Limpieza y barrido de banquetas y entradas directas a la casa.
7.2	Crear espacios designados a huertos comunitarios de menor escala en las banquetas mediante el encofrado de árboles existentes.
7.3	Crear espacios designados a huertos comunitarios de escala media en las banquetas mediante el encofrado de árboles existentes.
7.4	Crear espacios designados a huertos comunitarios de escala mayor mediante la peatonalización de la calle y adaptarla a tramos verdes urbanos.
Salud mental humana	
7.5	Crear espacios sanadores mediante el uso de la vegetación en espacios públicos o privados.
7.6	Plantar vegetación nativa o legalmente certificada para restauración de microambientes para insectos y aves.
7.7	Usar vegetación que ayude al ser humano a relajarse y poder descansar del estrés urbano, laboral, académico y personales.
Salud ecológica ambiental	
7.8	Usar vegetación que ayude a animales poder refugiarse, alimentarse y o polinizar.
7.9	Crear espacios ecológicos sanos que permitan el paso seguro de animales de su entorno natural a otro mediante tramos verdes urbanos y/o tramos verdes residenciales (jardines y patios con delimitación de su parte para el paso de animales silvestres evitando que entren en contacto directo con los humanos).
7.10	Usar la vegetación melífera como recurso de consumo para cocinas mediante balcones verdes o huertos comunitarios.
Desechos orgánicos utilizables	
7.11	Crear composta de los residuos y desechos orgánicos generados por la preparación de alimentos en las cocinas
7.12	Crear un espacio al aire libre para la composta que esté conectada su llenado fácilmente de la cocina al almacenaje.



7.13	Diseñar un sistema de aireación de la composta que no entren los malos olores a la cocina o a la casa ni las moscas y otros insectos.
7.14	Crear una lombricomposta de la composta misma, usar el abono creado y el humus de lombriz para fertilizar plantas.
7.15	Desechar los desperdicios degradables no aprovechables para la composta.
7.16	Separar los desechos orgánicos e inorgánicos, degradables y biodegradables, entre otros para evitar contaminar y poder facilitar el reuso de los desechos residenciales.
8. Espacios potencialmente reparadores y aislantes del entorno exterior	
Sanación física	
8.1	Crear espacios amplios y seguros para la ejercitación muscular ya sea en espacios abiertos o cerrados.
8.2	Crear andadores en la vivienda que conecten el espacio interior con el exterior manteniéndose dentro de los límites de la residencia.
8.3	Delimitar mediante vegetación espacios de estiramiento, contemplación y relajación en el espacio abierto.
Sanación mental	
8.4	Crear distintos focos visuales de admiración y relajación que puedan ser utilizables varias veces sin desgaste humano.
8.5	Crear mediante la vegetación, movimiento y flujo de capas visuales que permitan al usuario disfrutar distintas facetas del paisaje.
8.6	Conectar el foco visual escultórico o natural con la vegetación mediante la arquitectura de paisaje para atraer la atención del usuario.
8.7	Adaptar los balcones, terrazas y azoteas para el goce de la vegetación urbana usando el paisaje local urbano o suburbano como foco visual a aprovechar o a rechazar.
8.8	Generar azoteas verdes de distintas escalas que permitan la persona se sienta protegida y conectada con el entorno urbano desde una postura ambiental.

Fuente 1: Elaborado y adaptado para el contexto de la edificación en México por el Dr. Arq. Silverio Hernández Moreno, con base en el modelo internacional LEED, 2010.

Fuente 2: Elaborado y adaptado para el contexto de la edificación en México por el tesista Arq. Manuel Martínez Soto, con base en los modelos franceses del ADEM y PLAN BATIMENT DURABLE

Fuente 3: Elaborado y adaptado para el contexto de la edificación en México por el tesista Arq. Manuel Martínez Soto, con base en los modelos franceses del libro de Audrey Muratet (Manual de la ecología urbana /Manuel d'Écologie Urbaine/) y del libro de Merci Raymond (Todos los actores de la revolución verde /Tous acteurs de la révolution verte/).

Fuente 4: Elaborado y adaptado para el contexto de la edificación en México por el tesista Arq. Manuel Martínez Soto, con base en las conferencias y talleres impartidos por el Bienal de arquitectura y paisaje (Biennale d'architecture et de paysage BAP) de la Región de la Isla de Francia, con sitio en Versailles con apoyo y organización de la Escuela Nacional Superior de Paisaje (École Nationale Supérieure de paysage Versailles)



Anexo 2. Matriz de planeación de proyecto ecológico (de acuerdo con clima, sitio, sector arquitectónico)

Condiciones climáticas								Sistemas pasivos		Opciones de diseño arquitectónico				Latitud	Longitud	Altitud								
Cálido seco	Cálido	Cálido Húmedo	Templado Seco	Templado	Templado Húmedo	Templado Subhúmedo	Semi-frío Seco	Semi-frío	Semi-frío húmedo	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	19° 02' 16"	98° 12' 01"	2144 msnm								
										Día - Noche	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Elementos reguladores	
										D														Ganancia solar directa por ventanas, tragaluces, lucernarios, etc.
										N														Lámparas, personas, equipos, chimeneas, etc.
										D														Inercia térmica y masividad, radiación reflejada, sistemas adosados o aislados, etc.
										N														Pisos, plafones o zoclos radiantes con colectores solares de agua o aire.
										D														Elementos arquitectónicos, vegetación, mallas reductoras de viento.
										N														Invernaderos húmedos y con vegetación, etc.
										D														Materiales aislantes
										N														Ventilación cruzada; ventilación selectiva
										D														Turbina o extractores de aire, torres eólicas, colectores de aires, etc.
										N														Dispositivos de control solar: volados, aleros, partesoles, pérgolas, celosías, lonas, etc. Vegetación y orientación, etc.
										D														Espejos de agua, fuentes, cortinas de agua, albercas, lagos, ríos, mar, etc.
										N														Cubierta estanque
										D														Radiación nocturna; uso de materiales radiantes, pisos o plafones radiantes con agua
										N														Conducción a la tierra; sumideros de calor
										D														Ganancia directa por ventanas, tragaluces, lucernarios, etc.
										N														Muro trombe, invernadero adosado, invernaderos secos, etc.
										D														Captadores eólicos, colectores de aire, muro trombe, invernaderos secos, etc.
										N														Espejos de agua, fuentes, cortinas de agua, albercas, humidificadores, etc.
										D														Captadores eólicos, colectores de aire con humidificación, invernaderos húmedos, etc.
										N														

Fuente: Matriz de estrategias pasivas, Tabla 65.1, p. 65; tomada, respondida y adaptada a la investigación de tesis, recopilación del libro Reconversión sustentable de edificios de Gerardo Velázquez Flores



Anexo 3. Cálculo de balance bioclimático para la vivienda en San Bartolo, Puebla.

Cálculo del balance bioclimático de edificios				
	Concepto	Datos	Unidad	Fuente
Original	Cálculo de las pérdidas térmicas			
	Pérdida por transmisión de muros	25.2	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de techo	18	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de ventanas	6	W	Adrait et al.
	Área total de enfriamiento	3.6	m ²	ACTERGIE
	Área total de calentamiento	34	m ²	ACTERGIE
	Carga de enfriamiento	972	W/m ² °C	Gonçalves
	Carga de calefacción	9180	W/m ² °C	Gonçalves
SEE	Cálculo de la ventilación			
	Ocupantes	6	personas	Gonçalves
	Volumen de la casa	75.6	m ³	Gonçalves
	Tasa de renovación del aire	0.3	renovación/hora	Adrait et al.
	Ventilación	136.08	renovación/hora	ACTERGIE
	Volumen de aire renovado por hora	22.68	renovación/hora	ACTERGIE
	Volumen total de aire en la casa	226.8	m ³	Gonçalves
Original	Cálculo de las ganancias solares			
	Ganancias solares directas	8.41	kWh	Adrait et al.
	Superficie de aberturas	3.60	m ²	Gonçalves
	Porcentaje de Iluminación natural	16%		ACTERGIE
	Iluminación natural	21.84	lux	
SEE	Cálculo de equipos eléctricos			
	Cantidad de equipos eléctricos			
	Lavadora	1.00		
	Consumo del equipo eléctrico	13.00	kWh	SENER
	Refrigerador	1.00		
	Consumo del equipo eléctrico	156.00	kWh	SENER
	Televisor	3.00		
	Consumo del equipo eléctrico	90.00	kWh	SENER
	Ventilador	1.00		
	Consumo del equipo eléctrico	17.00	kWh	SENER
	Calefactor	0.00		
	Consumo del equipo eléctrico	0.00	kWh	SENER
	Consumo total	276.00	kWh	
Original	Cálculo de la temperatura interior			
	Ganancias totales	45.84	kWh	Adrait et al.
	Pérdidas totales	49.20	W	Adrait et al.
	Capacidad térmica efectiva	20	kWh/°C	Gonçalves
	Temperatura interior	9.83	°C	Gonçalves
	Necesidades de calefacción	7560.00	kWh	ACTERGIE
	Necesidades de refrigeración	403.47	kWh	ACTERGIE
SEE	Cálculo de carbono en el patio			
	Árboles			SEMARNAT
	Biomasa total	100	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	50	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	20	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	10	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	200	kg de carbono	Gonçalves
	Arbustos			SEMARNAT
	Biomasa total	120	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	60	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	10	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	6	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	60	kg de carbono	Gonçalves
	Herbáceas			SEMARNAT
	Biomasa total	8	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	8	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	0.5	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	1	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	0.5	kg de carbono	Gonçalves
	Cálculo total de sumidero de carbono	118	kg de carbono	Gonçalves
SEE	Cálculo de CO2			
	Emisiones de CO2	126.408	kg de carbono	Gonçalves
SEE	Cálculo de índice de Calidad de Aire en el Interior (IAQ)			
	Concentración de COV	410.28	µg/m ³	SEMARNAT
	Compuestos orgánicos volátiles totales	0.41028	µg/m ³	
General	Total del cálculo de balance bioclimático			
	Balance energético neto	16451.29	kWh	



Anexo 4. Cálculo de balance bioclimático para la vivienda en La Margarita, Puebla.

Cálculo del balance bioclimático de edificios				
	Concepto	Datos	Unidad	Fuente
Original	Cálculo de las pérdidas térmicas			
	Pérdida por transmisión de muros	46.8	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de techo	33.4	W	Adrait et al.
	Pérdida por transmisión de ventanas	4	W	Adrait et al.
	Área total de enfriamiento	2.4	m ²	ACTERGIE
	Área total de calentamiento	56	m ²	ACTERGIE
	Carga de enfriamiento	648	W/m ² °C	Gonçalves
SEE	Carga de calefacción	15120	W/m ² °C	Gonçalves
	Cálculo de la ventilación			
SEE	Ocupantes	4	personas	Gonçalves
	Volumen de la casa	32.4	m ³	Gonçalves
	Tasa de renovación del aire	0.3	renovación/hora	Adrait et al.
	Ventilación	38.88	renovación/hora	ACTERGIE
	Volumen de aire renovado por hora	42.12	renovación/hora	ACTERGIE
	Volumen total de aire en la casa	421.2	m ³	Gonçalves
Original	Cálculo de las ganancias solares			
	Ganancias solares directas	5.61	kWh	Adrait et al.
	Superficie de aberturas	2.40	m ²	Gonçalves
	Porcentaje de Iluminación natural	5%		ACTERGIE
SEE	Iluminación natural	27.04	lux	
	Cálculo de equipos eléctricos			
SEE	Cantidad de equipos eléctricos			
	Lavadora	1.00		
	Consumo del equipo eléctrico	13.00	kWh	SENER
	Refrigerador	1.00		
	Consumo del equipo eléctrico	156.00	kWh	SENER
	Televisor	2.00		
	Consumo del equipo eléctrico	90.00	kWh	SENER
	Ventilador	1.00		
	Consumo del equipo eléctrico	17.00	kWh	SENER
	Calefactor	1.00		
	Consumo del equipo eléctrico	180.00	kWh	SENER
SEE	Consumo total	456.00	kWh	
	Cálculo de la temperatura interior			
Original	Ganancias totales	45.56	kWh	Adrait et al.
	Pérdidas totales	84.23	W	Adrait et al.
	Capacidad térmica efectiva	20	kWh/°C	Gonçalves
	Temperatura interior	8.07	°C	Gonçalves
	Necesidades de calefacción	14040.00	kWh	ACTERGIE
	Necesidades de refrigeración	9963.53	kWh	ACTERGIE
SEE	Cálculo de carbono en el patio			
	Árboles			
	Biomasa total	600	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	300	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	20	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	10	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	200	kg de carbono	Gonçalves
	Arbustos			
	Biomasa total	160	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	80	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	10	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	6	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	60	kg de carbono	Gonçalves
	Herbáceas			
	Biomasa total	8	kg de carbono	ACTERGIE
	Conversión de la biomasa en carbono	8	kg de carbono	ACTERGIE
	Tasa de absorción del carbono	0.5	kg de carbono/año	Clément
	Duración de almacenamiento	1	años	Clément
	Cálculo de los sumideros de carbono	0.5	kg de carbono	Gonçalves
	Cálculo total de sumidero de carbono	388	kg de carbono	Gonçalves
	SEE	Cálculo de CO2		
Emisiones de CO2		208.848	kg de carbono	Gonçalves
SEE	Cálculo de índice de Calidad de Aire en el Interior (IAQ)			
	Concentración de COV	410.28	µg/m ³	SEMARNAT
	Compuestos orgánicos volátiles totales	0.41028	µg/m ³	
General	Total del cálculo de balance bioclimático			
	Balance energético neto	38782.51	kWh	



Bibliografía

- ACTERGIE. (20 de Enero de 2020). *Coefficient Bbio*. Obtenido de ACTERGIE: <https://www.actergie.fr/coefficient-bbio-facteur-explication-decriptif/>
- Adarsh Rao, A., Kara, T., & Sinha, J. (2022). *Urban Heat Island*. Cochin: ICAR-Central Institute of Fisheries Technology.
- Adrait, R., Battail, J. P., Michaud, C., Sommier, D., & Zambon, D. (2012). Método de cálculo del balance bioclimático de edificios (Bbio). En R. Adrait, J. P. Battail, C. Michaud, D. Sommier, & D. Zambon, *Guía del constructor de edificios, aprender la ingeniería civil* (págs. 200-201). París: Hachette Technique.
- Agne, S. (2016). *HABITER LA VILLE JARDIN, "éloge de la cité végétale"*. Mons: S. BLANCKAERT.
- Ahn, M., Parrott, K., Beamish, J., & Emmel, J. M. (2015). Kitchen Space Planning in Small-Scale Houses. *Housing and Society*, 83-96.
- Aldes. (12 de Junio de 2015). *¿Qué es el Síndrome del Edificio Enfermo? Calidad del aire interior y salud*. Obtenido de Aldes: <https://www.aldes.es/actualidad-blog/que-es-el-sindrome-del-edificio-enfermo#:~:text=La%20OMS%20define%20el%20S%C3%ADndrome,el%20que%20vivimos%20o%20trabajamos%22>.
- Alexander, C., Ishikawa, S., & Silverstein, M. (1980). *El Lenguaje de Patronos*. Editorial Gustavo Gili.
- Almaraz, S. (4 de Enero de 2019). *Periodismo en México, de las profesiones más peligrosas*. Obtenido de Radioformula 92.3 FM: <https://radioformulaqr.com/noticias/periodismo-en-mexico-de-las-profesiones-mas-peligrosas/>
- Alsmo, T., & Holmberg, S. (2007). Sick Buildings or Not: Indoor Air Quality and Health Problems in Schools. *Indoor and Built Environment*, 548-555.
- American Society of Heating, & Refrigerating and Air-conditioning Engineers. (Noviembre de 2005). *ISO 7730:2005 - Ergonomics of the thermal environment*. Obtenido de ISO: <https://www.iso.org/standard/39155.html>
- Andrés Pueyo, A. (2021). *La pandemia del COVID-19 y sus efectos en la violencia interpersonal*. Barcelona: el Diario.
- Anzoátegui, M. (19 de Agosto de 2015). Ecología y pensamiento: Un análisis desde la postura de Paul Feyerabend. *X Jornadas de Investigación en Filosofía*, págs. 58-74.
- AQUAE FUNDACIÓN. (s.f.). *Las tres «Huellas» que debes conocer para ser más 'eco'*. Obtenido de Aquae Fundación: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/las-tres-huellas-que-debes-conocer-para-ser-mas-eco/amp/>
- Aragónés, J. I., & Américo, M. (2010). *Psicología Ambiental*. Madrid: Pirámide.



- Association Qualitel. (28 de Junio de 2021). *Surface habitable : définition, calcul et conséquences*. Obtenido de Association Qualitel: <https://www.qualitel.org/particuliers/conseils/surface-habitable/>
- Ávila Calzada, C. (2023). Mostrando lo invisible: La obra gráfica no proyectual de Gilles Clément. *Constelaciones*, 75-89.
- Ávila García, P., Calderón Villegas, C. E., & Salas Espíndola, H. (2021). Evaluación de los instrumentos de regulación de la vivienda de interés social en México con enfoque de calidad ambiental. Caso de estudio: Durango. *ACE Architecture, City and Environment*, 2-3.
- Baker, L. (22 de Octubre de 2020). *Why living with and tending plants is good for you*. Obtenido de BBC: <https://www.bbc.com/culture/article/20201022-why-living-with-and-tending-plants-is-good-for-you>
- Bigurra Alzati, C. A., González Sandoval, M. d., Lizárraga Mendiola, L., & Montel, S. (8 de Enero de 2018). Las tecnologías de bajo impacto como alternativa para aprovechar el agua de lluvia en viviendas unifamiliares. *Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, págs. 42-25.
- Bilbao, T. (8 de Febrero de 2023). La fantasía de la vivienda que habitamos. (M. Adriá, Entrevistador)
- Bilbao, T. (s.f.). *Habitar, Espacio, Contexto y Collage. Perspectivas*. Museo Amparo, Puebla.
- Boldú, J., & Pascal, I. (2005). FACTORES ETIOLÓGICOS DEL SÍNDROME DEL EDIFICIO ENFERMO. En J. Boldú, & I. Pascal, *Enfermedades relacionadas con los edificios* (págs. 117-121). Pamplona: An. Sist. Sanit. Navar.
- Borowski, A. (2022). *Mini-guide des plantes qui soignent*. Paris: Ulmer.
- Borquez, P. (2011). Calidad de sueño, somnolencia diurna y salud autopercebida en estudiantes universitarios. *Eureka vol.8* , 80-91.
- Bosi, R. (2022). *Lo spazio della soglia*. Venecia: LetteraVentidue.
- Botticini, C., Facchinelli, M., & Turelli, F. (2022). *Nuove forme dell'abitare nella ricerca progettuale di ARW*. Siracusa: LetteraVentidue.
- Broche Pérez, Y., Fernández Castillo, E., & Reyes Luzardo, D. A. (2020). Consecuencias psicológicas de la cuarentena y el aislamiento social durante la pandemia de COVID-19. *Revista Cubana de Salud Pública*.
- Burge, P. S. (2004). Sick Building Syndrome. *Occupational and Environmental Medicine*, 185-190.
- Cacciatore, F., & Lui, M. F. (2022). *Il clima nella casa. Sei case di Harquitectes a Barcellona*. Venecia: LetteraVentidue.
- Cacciatore, F., & Messina, B. (2023). *Gli Iblei nella casa*. Siracusa: LetteraVentidue.
- Calabrese, E. (2021). *Fino all'illusione del Luogo*. Siracusa: LetteraVentidue.



- Canales, F. (2021). La casa como derecho. En F. Canales, *Mi casa, tu ciudad* (págs. 23-28). Barcelona: Puente editores.
- Canepa, S. (2019). *Spaces for living – Spaces for sharing*. Siracusa: LetteraVentidue.
- Cardelus, C. (2018). *Architecture écologique*. Paris: Du Layeur Eds.
- CCA Montréal. (2012). *En imparfaite santé*. Montreal: Lars Muller.
- Certicalia. (2022). *¿Qué es la cédula de habitabilidad?* Obtenido de Certicalia: <https://www.certicalia.com/cedula-habitabilidad/que-es-cedula-de-habitabilidad>
- Chadoin, O. (2021). *Sociologie de l'architecture et des architectes*. Parenthèses.
- Chen, Y., Ozaki, A., Lee, H., Choi, Y., & Arima, Y. (2023). Development of an intelligent envelope system with energy recovery ventilation for passive dehumidification in summer and solar collection in winter. *EDP Sciences*, 25-32.
- Ching, F. D., & Shapiro, I. M. (2015). *Arquitectura ecológica Un manual ilustrado*. Ciudad de México: GG.
- Ciencia BBC Mundo. (20 de Mayo de 2016). *Qué le pasa al cuerpo humano con el calor extremo*. Obtenido de BBC NEWS MUNDO: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/07/150703_calor_cuerpo_reaccion_lp
- Clément, G. (2012). *La sabiduría del jardinero*. París: Editorial GG.
- Clément, G. (2017). *Le jardin en mouvement*. Paris: Sens Et Tonka Eds.
- Clément, G. (2018). *Manifiesto del Tercer Paisaje*. Barcelona: Editorial GG.
- Clément, H. (2020). *Journal de guerre écologique*. Paris: Fayard.
- Collectif. (2023). *Vertige - Dix ans d'enquêtes sur la crise écologique et climatique*. Paris: La Revue Dessinee.
- Colombo, C. F., & Leveratto, J. (2020). *Contested Spaces Concerted Projects Designs for Vulnerable Memories*. Siracusa: LetteraVentidue.
- Comisión Nacional de Vivienda. (21 de Enero de 2019). *Programa de Vivienda Social, PVS*. Obtenido de Comisión Nacional de Vivienda: <https://www.gob.mx/conavi/acciones-y-programas/s177-programa-de-vivienda-social-pvs>
- Comisión Nacional de Vivienda. (25 de Junio de 2020). *Proyecto Emergente de Vivienda, PEV*. Obtenido de Comisión Nacional de Vivienda: <https://www.gob.mx/conavi/acciones-y-programas/proyecto-emergente-de-vivienda>
- Comisión Nacional de Vivienda. (2023). *¿Qué hacemos?* Obtenido de Comisión Nacional de Vivienda: <https://www.gob.mx/conavi/que-hacemos>
- Conley, V. A. (2014). Prácticas urbanas ecológicas: Las tres ecologías de Félix Guattari. En M. Mostafavi, *Urbanismo Ecológico* (págs. 138-139). Gustavo Gili.



- Contreras Ruíz, E., & Ríos Bermúdez, G. (2021). *Programa de vivienda para el municipio de Puebla*. Puebla: Instituto Municipal de Planeación Puebla.
- Córdoba y Ordóñez, J. (2009). Turismo, desarrollo y disneyización: ¿Una cuestión de recursos o de ingenio? *Investigaciones Geográficas*, 33-54.
- Córdova y Vázquez, A., Montero López, M., & Martínez Soto, J. (10 de Septiembre de 2016). Restauración psicológica y naturaleza urbana: algunas implicaciones para la salud mental. *Salud Mental*, págs. 217-224.
- Cycle Terre. (s.f.). *LA TERRE DANS LES PROJETS*. Obtenido de Cycle Terre: <https://www.cycle-terre.eu/mise-en-oeuvre/les-amenagements/>
- Dal Fabbro, A. (2023). *FARE ARCHITETTURA*. Siracusa: LetteraVentidue.
- DATA MEXICO. (2023). *ECONOMIA*. Obtenido de DATA MEXICO: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/puebla-pu#:~:text=La%20fuerza%20laboral%20ocupada%20alcanz%C3%B3,mensual%20de%20%243.82k%20MX.>
- DATA MÉXICO. (5 de Febrero de 2023). *Situación estudiantil*. Obtenido de GOBIERNO DE MÉXICO: <https://datamexico.org/es/profile/institution/benemerita-universidad-autonoma-de-puebla?higherEducationSelector1=academicUpper11>
- de Botton, A. (2016). *La arquitectura de la felicidad*. LUMEN.
- De Champourcin, E. (2000). El cajón, los cofres y los armarios. En G. Bachelard, *La poética del espacio* (págs. 81-92). Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- De Hoyos Martínez, J. E., Ángeles, Y. Y., & Jiménez Jiménez, J. d. (2015). Habitabilidad: Desafíos en diseño arquitectónico. *Legado de Arquitectura y Diseño*, núm. 17, 63-76.
- Deger, S. (27 de Mayo de 2016). *Alejandro Aravena: un arquitecto sin manías de estrella*. Obtenido de DW Made for minds: <https://www.dw.com/es/alejandro-aravena-un-arquitecto-sin-man%C3%ADas-de-estrella/a-19289878>
- Degrigny, U. (8 de Septiembre de 2015). *Que signifie « bioclimatique », quel est son origine ?* Obtenido de fiabitat scop accompagner la construction écologique: <https://www.fiabitat.com/la-construction-bioclimatique-et-le-bioclimatisme-1/>
- Díaz, I. (25 de Agosto de 2020). *DIFERENCIAS entre arquitectura bioclimática, sustentable y sostenible*. Obtenido de disfrutarch: <https://disfrutarch.wixsite.com/home/post/arquitectura-bioclim%C3%A1tica-sustentable-sostenible-cu%C3%A1l-es-su-diferencia>
- Dollard, T. (2020). *Cómo proyectar viviendas energéticamente eficientes Una guía ilustrada*. Ciudad de México: GG.
- ÉCHALE. (s.f.). *PROPÓSITO DE LA FUNDACIÓN*. Obtenido de Échale: <https://echale.mx/fundacion/sobre-fundacion/>



- Eldorado Inmobiliario. (2022). *Qu'est-ce qu'un Logement Habitable (décent) ?* Obtenido de Eldorado inmobiliario La communauté des propriétaires qui se bougent: <https://eldorado-immobilier.com/logement-habitable/>
- ELEMENTAL. (30 de Julio de 2022). *Viviendas Quinta Monroy, Iquique*. Obtenido de Arquitectura Viva: <https://arquitecturaviva.com/obras/viviendas-quinta-monroy>
- Elger, R. (2019). *Le jardin oasis en permaculture*. Paris: RUSTICA.
- Engels, F. (2014). *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*. Godot.
- Escobar del Pozo, C., Gomez Amador, A., González Trevizo, M. E., & Esparza López, C. J. (2015). Housing performance analysis: indoor vegetation as a design strategy. *PLEA - Architecture in (r)evolution*, 13-22.
- Falagan, D. H., Montaner, J. M., & Muxi Martínez, Z. (2011). *Herramientas para habitar el presente. La vivienda del siglo XXI*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Ferrara, M. (2022). *Campagna periurbana*. Nápoles: LetteraVentidue.
- Fonseca, X. (2022). *La autogestión de una casa. Morfología de la vivienda*. Ciudad de México: Terracota.
- Foti, F. (2009). *Il paesaggio nella casa*. Roma: LetteraVentidue.
- Foti, F. (2010). *Architettura realtà del divenire*. Siracusa: LetteraVentidue.
- Foucault, M. (1966). Las ciencias humanas. En M. Foucault, *Las palabras y las cosas una arqueología de las ciencias humanas* (págs. 334-375). Gallimard.
- Foucault, M. (1973). Dos pipas. En M. Foucault, *Esto no es una pipa ensayo sobre Magritte* (págs. 24-46). Montpellier: Anagrama.
- Fundación para la Economía Circular. (s.f.). *ECONOMÍA CIRCULAR*. Obtenido de ECONOMÍA CIRCULAR: <https://economiecircualar.org/economia-circular/>
- Gallo, P., & Romano, R. (2017). La progettazione ambientale Riflessioni teoriche. En P. Gallo, & R. Romano, *Educare al progetto sostenibile* (págs. 23-28). Florencia: DIDAPRESS.
- Garzón Reyes, D. A. (2018). *Costo paramétrico en vivienda de interés social en la ciudad de Puebla*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Obtenido de CRAI-BIBLIOTECAS: <https://biblioteca.upaep.mx/>
- Ghaeni, M. (2021). *Enhancing elderly health and wellbeing through the true revival of sun and wind architecture*. Illinois: Southern Illinois University.
- Gobierno Constitucional del Estado de Puebla . (22 de Noviembre de 2016). Impulso a la construcción de Vivienda de Interés Social y Popular. *Periódico oficial Tomo CDXCIII*, pág. 283.



- Gobierno del Estado de Puebla. (2021). *Estrategia de Eficiencia y Transición Energética del Estado de Puebla*. Puebla: Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial .
- Godoy Patiño, I. (2015). *El espacio que interroga*. Ciudad de México: UNAM.
- Gómez Aguado, I. (11 de Junio de 2023). *Casa de interés social: qué es y cómo acceder a este tipo de vivienda*. Obtenido de LaHaus: <https://www.lahaus.mx/blog/comprar-vivienda/casa-de-interes-social-que-es-y-como-acceder-a-este-tipo-de-vivienda#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20casa%20de,de%20inmuebles%20de%20este%20tipo%E2%80%9D>.
- Gon, K., & Jeong, T. K. (2010). Healthy-daylighting design for the living environment in apartments in Korea. *Building and Environment*, 287–294.
- Gonçalves, M. (15 de Junio de 2020). *Qu'est-ce que le coefficient Bbio ?* Obtenido de Effy: <https://www.effy.fr/renovation-energetique/coefficient-bbio>
- González Sepe, O. (30 de Mayo de 2017). *Riesgos a la salud por polvo producido en las construcciones*. Obtenido de elemplo: <https://www.elemplo.com/cr/noticias/consejos-profesionales/riesgos-la-salud-por-polvo-producido-en-las-construcciones-6583>
- Hábitat para el Habitante. (s.f.). *Vivienda como derecho*. Obtenido de Hábitat para el Habitante: <https://www.habitatmexico.org/vivienda-derecho>
- Häuplik-Meusburger, S., Bishop, S. L., & Wise, J. A. (2022). Habitability and the Golden Rule of Space Architecture. *51st International Conference on Environmental Systems*, 1-15.
- Heidegger, M. (2015). *Bauen, Wohnen, Denken*. LaOficina.
- Heller, Á. (1975). *Sociología de la vida cotidiana*. Barcelona : Península.
- Hernández Toledo, M. (1991). Bienestar térmico humano. En H. Ferreiro, V. Fuentes, J. R. García, S. Gutiérrez, M. Hernández, R. Lacomba, . . . N. Olivares, *Manual de Arquitectura Solar* (págs. 22-24). Ciudad de México (D. F.): Trillas.
- Hernández, M. (23 de Agosto de 2022). *Canadevi Puebla, con déficit en oferta de vivienda social*. Obtenido de EL ECONOMISTA: <https://www.economista.com.mx/estados/Canadevi-Puebla-con-deficit-en-oferta-de-vivienda-social-20220822-0122.html>
- Hofmann, B. (2022). *Courir après la pluie*. Nantes: Actes sud.
- Hunziker, R., & Frei, C. (2023). L'orticoltura fa bene all'anima. *Sanitas*, 20-23.
- Ibarra Sarlat, R. (2020). Contaminación acústica: problema ambiental que vulnera el derecho humano a una vivienda digna y decorosa en la Ciudad de México. *DIKE*, 173-208.
- INFONAVIT. (11 de Agosto de 2022). *Política ambiental*. Obtenido de INFONAVIT: https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/el-instituto/el-infonavit/acerca-de-nosotros!/ut/p/z1/04_Sj9CPykyssy0xPLMnMz0vMAfIjo8zizdwNDDycTQz9LHy8TQ0CDQK83



Q28DAyDPQz1w8EKjCwMDNyDdAz93C08LAWc3Vw9XS19jI3cQw31o4jRb4ADoBoQpx-Pgij8xofrR-G1wtCAGl

INFONAVIT. (s.f.). *Lo que puedes hacer con tu crédito Infonavit*. Obtenido de Infonavit MX: https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavitmex/mx2/derechohabientes/quiero_credito!/ut/p/z1/pZFPC8lwDMU_UtJa--dYLLhaKPbgNnORnaQwpwfx8-vmed1guQXeyy8vAYIWaOg--d6983Po-I9_JXmTR8TqIFjUtbaYook8yJ3XjENTEPCTVUDz_ICpon8SOCa-XMc3xgkWNPlzi4ipTsx5p3CPYp0fZ

Irigoyen Castillo, J. F. (2021). *Filosofía y Diseño*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Jabbar, M., Mohd Yusoff, M., & Shafie, A. (2021). Assessing the role of urban green spaces for human wellbeing: a systematic review. *GeoJournal*, 1-19.

Jain, K. (2023). Psychology and Philosophy of Home. *International Journal of Scientific Development and Research (IJS DR)*, 560-562.

Jones, L. (2022). *Le Jardin ensauvagé*. Paris: Actes sud.

Juárez, V. H. (7 de Junio de 2020). *Desprecian poblanos las casas ecológicas*. Obtenido de El Sol de Puebla: <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/desprecian-poblanos-las-casas-ecologicas-puebla-5332869.html>

King, H. (7 de Septiembre de 2017). *Where Does Dust Come From? Guide to Sources in House and Solutions*. Obtenido de Molekule: <https://molekule.com/blogs/all/where-doest-dust-come-from-source-house-solutions>

Kominou, E. (2021). Is Covid-19 going to change our relationship with space? A paradigm from Greece. *PlaNext AESOP / YOUNG ACADEMICS*, 1-18.

La Maison Saint-Gobain. (2021). *Construction et rénovation en terre crue*. Obtenido de La Maison Saint-Gobain: <https://www.lamaisonsaintgobain.fr/guides-travaux/renovation-energetique-habitat-durable/terre-crue-construction-renovation>

Lacombe, E. D. (2023). *Vers une architecture pour la santé du vivant*. Montreal: Presses Université De Montreal.

Laquatra, J., Pillai, G., Singh, A., & Syal, M. (2008). Green and Healthy Housing. *Architectural Engineering*, 94-97.

Lauren, A. (5 de Febrero de 2023). *Here's Why Your House Is So Dusty—and How to Fix It*. Obtenido de Real Simple: <https://www.realsimple.com/why-is-my-house-so-dusty-7104824>

Lemus Flores, S. (2016). *Isla de calor en la Ciudad de Puebla*. CD.MX.: Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Filosofía y Letras Colegio de Geografía.

Leonidis, A., Korozi, M., Kouroumalis, V., & Antona, M. (2019). Ambient Intelligence in the Living Room. *Sensors*, 1-44.



- Leoto, R., Lizarralde, G., Oliver, A., Petter, A.-M., & Roy, N. (2018). *La performance des bâtiments et la responsabilité envers les occupants ÉTUDE POST-OCCUPATION DE LA MAISON DU DÉVELOPPEMENT DURABLE*. Quebec: Équiterre.
- Leoto, R., Lizarralde, G., Oliver, A., Petter, A.-M., & Roy, N. (2018). Les bâtiments verts sont-ils vraiment performants? Leçons d'une étude post-occupation de la Maison du développement durable. *FORMES Les déclinaisons éco : matériaux-construction-conception*, 14-19.
- Leslie, R. (2003). Capturing the daylight dividend in buildings: why and how? *Building and Environment*, 381-385.
- Lewis, D. C. (2017). *Religion in Japanese Daily Life*. Nueva York: Routledge.
- Liébard, A., Ménard, J. P., & Piro, P. (2007). *Le grand livre de l'habitat solaire*. Paris: Le Moniteur.
- López Rodríguez, F. E. (2018). *IDENTIDADES DE FAMILIA: EL CHISME EN LA CONSTRUCCIÓN Y NEGOCIACIÓN DE PERTENENCIAS*. Guadalajara: CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SUPERIORES EN ANTROPOLOGÍA SOCIAL.
- Lugo Garfias, M. E. (2017). *Acoso laboral "Mobbing"*. Ciudad de México: CNDH México.
- Machado, I. (2022). Semiotic Boundary Spaces: An Exercise in Decolonial Aesthesis. *Sciendo*, 77-87.
- Maderame. (2021). *Construcción en Madera: Técnicas, Ventajas y Desventajas*. Obtenido de Maderame: <https://maderame.com/construcciones-madera/>
- Mària, M., & Fuertes, P. (2020). About Inhabiting: Subjects, Objects and Habitable Space. *ACE Architecture, City and Environment*, 1-20.
- Márquez, F., & Reyes, M. (2021). Tercer paisaje y Jardín de la resistencia en los escombros de la revuelta en Santiago de Chile. *Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas*, 12-34.
- Martínez Coria, R., & Haro Encinas, J. A. (2015). Derechos territoriales y pueblos indígenas en México: Una lucha por la soberanía y la Nación. *Pueblos y fronteras*, 228-256.
- Martínez Portugal, M. d., & Suriano Chacón, J. R. (2022). *Manual de Arquitectura Sostenible y Resiliente ante el Cambio Climático*. Puebla: Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial.
- Martínez Rivera, O., Soler Azorín, L., & Navarro Ferreros, T. (12 de Diciembre de 2022). Habitar recursos residenciales. Trabajar donde el otro está viviendo. (L. Miquel Abril, Entrevistador)
- Marx, K. (1989). Producción, consumo, distribución, cambio (circulación). En K. Marx, *Introducción general a la crítica de la economía política/1857* (págs. 33-35). México D.F.: Cultura Libre.
- Mazria, E. (2005). *Le guide de la maison solaire*. Paris: Parentheses Eds.



- Miller, S. (12 de Agosto de 2020). *Cómo ventilar una habitación y usar purificadores de aire para protegerte del coronavirus*. Obtenido de BBC News Mundo:
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-53754274>
- Molina, G., Donn, M., Johnstone, M. L., & MacGregor, C. (2023). The feeling of comfort in residential settings I: a qualitative model. *Building & Cities*, 423-440.
- Morton, T. (2021). *Être écologique*. Lyon: Zulma.
- Nájar, A. (28 de Junio de 2011). *El poder del chisme*. Obtenido de BBC News Mundo:
https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/06/110628_chisme_mexico_an
- Normand, N. (2022). *L'architecture de mon jardin Feng-Shui - Le guide pratique*. Lyon: Tredaniel La Maisnie.
- Olgay, V. (2006). *Arquitectura y clima. Manual de diseño*. Editorial Gustavo Gili.
- Oliva, J. P. (2006). *La conception bioclimatique Des maisons confortables et économes*. Paris: Terre Vivante.
- Olivier, C. (2023). *Conception bioclimatique des bâtiments RE2020*. Paris: Eyrolles.
- Ortega George, I. (29 de Abril de 2022). *Agua Santa, San Bartolo y San Ramón, las colonias que llegaron al sur de Puebla*. Obtenido de TELEDIARIO:
<https://www.telediario.mx/comunidad/agua-santa-san-bartolo-san-ramon-historia-colonias-puebla>
- Ortega George, I. (1 de Abril de 2022). *Infonavit La Margarita ¿Te acuerdas cómo inició la unidad habitacional de Puebla?* Obtenido de TELEDIARIO:
<https://www.telediario.mx/comunidad/infonavit-margarita-historia-unidad-habitacional-puebla>
- Pacheco, V., & Ramírez Pérez, J. F. (2021). Impacto de la luz y la ventilación natural en el ambiente laboral sobre el síndrome del edificio enfermo y la productividad: Síndrome del edificio enfermo y la productividad. *UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria*, 97-108.
- Pallasmaa, J. (2016). *Habitar*. Barcelona: Editorial GG.
- Patiño Tovar, E. (2004). Periferia poblana: la desigualdad del crecimiento. *Papeles de POBLACIÓN No. 42*, 125-151.
- Pereira Da Silva, A. S. (2021). *La intimidad de la casa*. Buenos Aires: Diseño Editorial.
- Perrin, G. (2020). *Rafraîchissement urbain et confort d'été - Lutter contre les canicules*. Malakoff: Dunod.
- Pini, R. (2021). Fuoco, foreste e uomini: le trasformazioni del paesaggio cominciano nella Preistoria. *IL BOLLETTINO Comitato scientifico central Periodico di divulgazione scientifica*, 85-92.
- Piyanesa, S., & Wilson, K. (2019). *Cahier de jardin*. Orleans: Grandes Personnes.



- Puebla: Ahorro y Uso Eficiente de la Energía. (29 de Septiembre de 2021). *EFICIENCIA ENERGÉTICA*.
Obtenido de PAUEER: <http://agenciadeenergia.puebla.gob.mx/paueer/>
- Puente, M., & Zambelli, M. (2020). *Juhani Pallasmaa DIMENSIONES Semillas para el pensamiento arquitectónico*. Barcelona: Editorial GG.
- PULSEE. (21 de Abril de 2022). *Che cos'è l'architettura sostenibile*. Obtenido de PULSEE Luce e Gas:
<https://pulsee.it/news-media/sostenibilita/architettura-sostenibile>
- Quiroderma. (15 de Diciembre de 2019). *¿Cómo afecta el frío en el cuerpo humano?* Obtenido de Quiroderma: <https://www.quiroderma.com/como-afecta-el-frio-en-el-cuerpo-humano/>
- Rabbit, M. (17 de Agosto de 2019). *The Science of Personal Space: Why We Need Boundaries and 5 Ways to Deal When They're Crossed*. Obtenido de Prevention:
<https://www.prevention.com/health/a28692075/personal-space/>
- Rahm, P. (2020). *Arquitectura meteorológica*. Ciudad de México: Arquine.
- Real Academia Española. (2021). *Vivienda*. Obtenido de Diccionario de la lengua española Edición del Tricentenario: <https://dle.rae.es/vivienda>
- REHAU, E. (s.f.). *Temperatura ideal de una casa*. Obtenido de REHAU: <https://www.rehau.com/es-es/temperatura-ideal-casa>
- Rilling, K. (2023). Un fisico scolpito. *Sanitas*, 24-27.
- Riveiro Gonzalez, M. (2021). Taxonomía del habitar contemporáneo. En M. Riveiro Gonzalez, *La casa en imágenes: Una taxonomía del habitar contemporáneo* (págs. 45-185). Buenos Aires: Diseño Editorial.
- Rodríguez Escudero, M. R. (2019). Del paisaje incierto al jardín. *Landschaftspark Duisburg-Nord*. *RITA 11*, 126-136.
- Roulet, C. A. (2008). *Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments*. Lausana: Presses Polytechniques Romandes.
- Ruiz García, A. A. (2022). *Vivienda de interés social digna en la ciudad de Puebla*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Obtenido de Repositorio institucional: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/3>
- Ruíz, L. (9 de Mayo de 2023). *Así ha crecido el sur de la ciudad de Puebla*. Obtenido de EL UNIVERSAL PUEBLA: <https://www.eluniversalpuebla.com.mx/economia-y-negocios/asi-ha-crecido-el-sur-de-la-ciudad-de-puebla/>
- Rupérez, I. d., & Subirón Rodrigo, C. (4 de Septiembre de 2015). Iniciativa "REHAB: + Calidad en tu vivienda". *Cómo involucrar al ciudadano en el proceso de mejora de la calidad de su vivienda*. *Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)*, págs. 39-56.
- Saitto, V. (2023). *La casa ideale Progetti Domestici Per "Domus" Dal 1928 al 1945*. Siracusa: LetteraVentidue.



- Salas Espíndola, H. (2021). *Arquitectura Sustentable*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sali, R. M. (2023). Inside an Urban House - A Cross Sectional Study on Urban Housing Standards. *JOURNAL OF CLINICAL AND BIOMEDICAL SCIENCES*, 14-18.
- Sánchez Inocencio, Á. (15 de Noviembre de 2016). *ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS*. Obtenido de ÁNGEL SÁNCHEZ INOCENCIO: <https://angelsinocencio.com/estrategias-bioclimaticas-mejorar-eficiencia/>
- Santamouris, M. (2014). *On the energy impact of urban heat island and global warming on buildings*. Nicosia: Energy and Buildings.
- Sarno, F. (2023). *Paulo Mendes da Rocha Architecture del divenire*. Siracusa: LetteraVentidue.
- Sazimaa, T., & Kim, H.-C. (2008). En T. Sazimaa, & H.-C. Kim, *Smart Home Design: Home or House?* (págs. 143–148). Busan: Third 2008 International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology.
- Scardigno, N. (2023). *Forma in divenire*. Roma: LetteraVentidue.
- Schuit, M., Ratnesar-Shumate, S., Yolitz, J., Hevey, M., & Dabisch, P. (2020). Airborne SARS-CoV-2 Is Rapidly Inactivated by Simulated Sunlight. *The Journal of Infectious Diseases*, 214-222.
- SDTech Bureau d'étude énergétique du bâtiment. (15 de Febrero de 2019). *CONCEPTION Bioclimatique*. Obtenido de SDTech: <https://www.sdtech-be.fr/fr/conception-bioclimatique>
- Secretaría de Salud. (17 de Agosto de 2015). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículo 4°*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/salud/articulos/constitucion-politica-de-los-estados-unidos-mexicano-articulo-4>
- Secretaría de Salud. (4 de Noviembre de 2018). *421 Trastornos mentales afectan a 15 millones de mexicanos*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/salud/prensa/421-trastornos-mentales-afectan-a-15-millones-de-mexicanos>
- Seguí, P. (s.f.). *Método cradle to cradle en la construcción y arquitectura*. Obtenido de OVACEN: <https://ovacen.com/metodo-cradle-to-cradle-construccion/#:~:text=M%C3%A9todo%20cradle%20to%20cradle%20pretende,que%20puede%20ser%20reutilizado%20constantemente>.
- Silva, A. (2015). Emociones públicas. *Bitácora arquitectura*, 108-115.
- Sim, D. (2022). *Ciudad suave Construyendo proximidad, diversidad y densidad para la vida cotidiana*. Ciudad de México: El Equilibrista.
- Sociedad Hipotecaria Federal. (18 de Agosto de 2014). *Programas de Vivienda Sustentable*. Obtenido de Sociedad Hipotecaria Federal: <https://www.gob.mx/shf/acciones-y-programas/programa-ecocasa-shf>



- Sociedad Hipotecaria Federal. (19 de Mayo de 2023). *EcoCasa. Programa de Cooperación Financiera*. Obtenido de Sociedad Hipotecaria Federal: <https://www.gob.mx/shf/documentos/ecocasa-programa-de-cooperacion-financiera?state=published>
- Soler & Palau. (2 de Octubre de 2017). *¿Qué es el síndrome del edificio enfermo?* Obtenido de El Blog de la ventilación eficiente: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sindrome-edificio-enfermo/>
- Soporte Dinámico Industrial. (2023). *¿Qué es un aislante térmico y por qué es importante?* Obtenido de SDI Industrial: <https://sdindustrial.com.mx/blog/aislante-termico-que-es/#Espuma-de-poliuretano>
- Subdirección General de Análisis de Vivienda, P. y. (2021). *Manual para la vivienda sustentable*. Ciudad de México: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (Sedatu).
- Tanizaki, J. (2016). *El elogio de la sombra*. Siruela.
- Tanteri, M. (2006). Planning for Daylight: Introducing daylighting into the traditional design process. *Architectural Lighting*, 61-63.
- Teutli León, M., & Noh Abarca, K. M. (2020). *Detección de la isla de calor urbana: estudio de caso en el centro de la ciudad de Puebla*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla .
- Tiago de Sales Braga, N., Arruda Junior, E. S., & de Nazaré Pinheiro Cordeiro, L. (2022). Performance and runoff coefficient of permeable concretes subjected to heavy rainfall simulations. *revista Matéria*, 5-18.
- Torossian, A., & Ilin, M. (2022). *Donner une âme à son jardin*. Paris: Belles Balades Eds Les Grandes Plaines.
- United States Environmental Protection Agency. (Febrero de 19 de 2022). *Heat Island Impact*. Obtenido de EPA | United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-impacts>
- Velázquez Flores, G. (2017). *Reconversión sustentable de edificios*. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana Ciudad de México.
- Vidhushini, R., Rajkumar, S., & Horrison, E. (2022). A Study on Thermal and Acoustic comfort in an Institutional Building. *Earth and Environmental Science*, 1-12.
- Viegas, S., & Prista, J. (2010). Formaldehyde in indoor air: A public health problem? *AIR POLLUTION 2010*, 297-304.
- Wagner, S. (2023). Pulito, pulitissimo, strapulito. *Sanitas*, 24-27.
- Wang, F., Yang, B., Deng, Q., & Luo, M. (2023). *Personal Comfort Systems for Improving Indoor Thermal Comfort and Air Quality*. Springer.
- Wang, S., Yin, Y., & Guntupalli, A. M. (2021). Investigation of older people's needs at home to inspire inclusive home design with smart products and services. *IEEE Expert*, 20-26.



- Wassouf, M. (2014). *De la casa pasiva al estándar Passivhaus La arquitectura pasiva en climas cálidos*. Ciudad de México: GG.
- Willery, D. (2022). *Le guide du jardin créatif*. Normandía: Ulmer.
- Wong, K. K.-Y. (2022). Covid-19 pandemic: our relationships, environment, and health. *UCL Open: Environment*, 1-4.
- Zambrano, J. (2021). *Hasta 90% de los poblanos sufre algún tipo de violencia en pandemia: Ibero*. Puebla: MILENIO.
- Zambrano, J. (5 de Septiembre de 2022). *Poblanos ganan 47% menos en comparación con otros estados*. Obtenido de El Sol de Puebla:
<https://www.elsoldepuebla.com.mx/finanzas/poblanos-ganan-47-menos-en-comparacion-con-otros-estados-8843153.html>
- Zerega, G. (28 de Septiembre de 2022). *México se convierte en el país más mortífero para los ambientalistas con 54 asesinados en 2021*. Obtenido de EL PAÍS:
<https://elpais.com/america-futura/2022-09-29/mexico-se-convierte-en-el-pais-mas-mortifero-para-los-ambientalistas.html>
- Zhang, C., Kazanci, B., Levinson, R., & Chiesa, G. (2021). Resilient cooling strategies – A critical review and qualitative assessment. *Energy and Buildings*, 45-67.