

Comparación de eficiencia en confort térmico con geometría fractal en plantas arquitectónicas de casa unifamiliar en Irapuato, Gto.

José Esteban Hernández Gutiérrez¹; Jousepe Jouvani Ruiz López; Jesús Mauricio Elizondo Ramírez; Jorge Arturo Cruz Sánchez; Ximena Flores Esparza; Antonio de Jesús Arias Sánchez; Laura Cecilia Débora Delgado

Resumen

La investigación se centra en evaluar la viabilidad de aplicar principios de geometría fractal en el diseño arquitectónico para mejorar el confort térmico en casas unifamiliares en Irapuato, una de las áreas más afectadas por el aumento de temperaturas en Guanajuato. Se plantea un diseño que contrasta una vivienda con geometría fractal frente a una tradicional ortogonal, analizando su eficacia en la regulación térmica. Se justifica la necesidad de este estudio debido a la ineficiencia sustentable de los métodos activos actuales para controlar las temperaturas interiores, proponiendo un enfoque pasivo que integre consideraciones climáticas desde la concepción del proyecto.

Palabras clave: Arquitectura bioclimática; Geometría fractal; Confort térmico.

Abstract

This study investigates the applicability of fractal geometry principles in architectural design to enhance thermal comfort in single-family homes in Irapuato, Guanajuato, an area significantly impacted by rising temperatures. The research proposes a comparative analysis between a fractal-designed house and a traditional orthogonal structure, assessing their thermal regulation effectiveness. The justification for this study arises from unsustainable inefficiency of current active methods for temperature control, advocating for a passive approach that incorporates climatic considerations from the project's inception. The findings aim to contribute to sustainable architectural practices that address the challenges posed by climate change.

Keywords: bioclimatic architecture; fractal geometry, thermal comfort

Introducción

Las recientes problemáticas de la necesidad de cuidar el medio ambiente nos han llevado a cuestionar la eficiencia energética y de confort térmico en las casas habitación en México. El creciente aumento de temperaturas a lo largo del mundo y del país, nos llevan a tomar medidas de control térmico dentro de nuestras viviendas. Por desgracia, en recientes años ha existido la problemática del exceso de uso de energías eléctricas y fósiles para satisfacer estas necesidades. Por eso hoy ha tomado fuerza las corrientes arquitectónicas con tendencias verdes, sostenibles y con soluciones bioclimáticas. Encontrando en este campo un área de estudio al que buscaremos adentrarnos en esta investigación. Ya que, si bien hay métodos de construcción y diseño para solucionar los problemas de temperatura. Aún estamos en momentos críticos donde más soluciones son mejor. Que, por otro lado, sabemos que el mimetismo con la naturaleza en su mayoría se nos da muchas

¹ Departamento de Arquitectura, DAAD, estebanhg@ugto.mx

soluciones a los problemas del ser humano, como tal ya han sido los materiales alternativos, aún quedan campos de exploración como la geometría fractal.

La geometría fractal definida por su descubridor Benoit Mandelbrot en 1975 como “objeto semi-geométrico cuya estructura básica, fragmentada o irregular, se repite a diferentes escalas”. Los fractales son la geometría de la naturaleza, los encontramos en todos lados y por eso sabemos que es una maestra de la eficiencia, siendo que la naturaleza siempre busca la mejor forma de distribuirse en energía y espacio. Y esta misma distribución de energía es la que nos interesa, ya que desde hace mucho tiempo los arquitectos toman inspiración de la geometría fractal para su diseño, generando así obras estéticas, en algunos casos eficientes en términos estructurales, como el caso de Antonio Gaudí, siendo el mismo el que dijo; “el arquitecto del futuro se basará en la imitación de la naturaleza, porque es la forma más racional, duradera y económica de todos los métodos”. (Salas, Bedoya, Adela y Josep. (2018) pag.71) Ahora, si bien Gaudí no pensaba en generar eficiencia energética y confort térmico en su momento, es un gran ejemplo de cómo los fractales son la inspiración perfecta para que el ser humano genere más espacios eficientemente. Por otro lado, tenemos recientes proyectos en los que los fractales en celosías ayudan al mejoramiento del flujo de viento en las fachadas y la misma organización en proyectos arquitectónicos. Además, lo podemos ver en la forma en que los animales con su pelaje, los sistemas de enfriamiento de hormigas en el desierto o el mismo ser humano que regula su temperatura con el ramaleo del sistema sanguíneo. Tomando esto en cuenta es que nace esta investigación y propuesta de uso de geometría fractal para el confort térmico.

Planteamiento del problema

En los últimos años, el principal problema que estamos viviendo a nivel mundial es el cambio drástico de temperaturas, sobre todo en el aumento de temperatura, siendo el aumento de 1,36 grados Celsius global según investigaciones de la NASA. Mientras que en nuestra región en Guanajuato capital, de acuerdo con el SMAOT el aumento de la temperatura promedio ha sido de 1.07 a 1.11 grados Celsius. Siendo los municipios de León, Celaya e Irapuato los más afectados en este aumento de temperatura. Debido a esto propondremos el diseño y comparativa de confort térmico en uno de los municipios afectados, siendo el municipio de Irapuato el ideal por sus temperaturas más altas registradas este año las cuales alcanzan los 40.6°C.

Objetivos

General

Se buscará evaluar la viabilidad y eficacia de la aplicación de principios fractales en el diseño arquitectónico para mejorar el confort térmico en una casa habitación y su comparativa a los resultados que tendría una casa tradicional ortogonal.

Específicos

- Analizar la efectividad de patrones fractales en el diseño arquitectónico y dialogar sobre factibilidad en este uso y posibles áreas de oportunidad

- Diseñar en conjunto un prototipo arquitectónico fractal con la finalidad de la eficiencia en el confort térmico
- Analizar posibilidades en el diseño para la aplicación de fractales y su funcionamiento para el confort térmico.

Justificación

Conscientes de nuestro entorno en constante cambio debido a los cambios climáticos, y las consecuencias de las altas temperaturas registradas actualmente en nuestras ciudades, analizamos como arquitectos la relación que tienen los espacios actuales con el bajo control sobre las temperaturas dentro de los diseños de casa habitación actuales en nuestra región, y la poca importancia que en su mayoría se les toma a las posibilidades del diseño para reducir estas complicaciones. Siendo que los medios que se terminan utilizando son métodos mecánicos para la regulación de las temperaturas, por esto buscamos explorando un nuevo sistema pasivo de regular este problema, que a su vez atiende los actuales problemas de diseño en la rama de la arquitectura. Siendo que desde la concepción de un proyecto se pueden tomar en cuenta las cuestiones climáticas para mejorar la habitabilidad de las personas. Porque hasta el momento las investigaciones y experimentos relacionados, están enfocados en el diseño exterior como ventanas y vanos, y en el manejo de materiales. Por esto nosotros propondremos desde el partido arquitectónico, una forma pasiva de confort térmico en las casas habitación.

Antecedentes

La geometría, como la conocemos hoy, la planteó **Euclides** por primera vez en el año 300 a.C. y ha experimentado pocos cambios desde entonces. Sin embargo, en 1975, **Benoît B. Mandelbrot** estableció las bases de una nueva geometría conocida como geometría fractal, la cual está encontrando cada vez más aplicaciones en diversos campos del conocimiento.

La geometría fractal permite describir matemáticamente, y de manera sencilla, objetos y fenómenos que antes se consideraban complejos, como las geometrías de helechos y superficies de materiales, o comportamientos caóticos como el browniano. Además, esta nueva geometría facilita la escala de geometrías y propiedades desde niveles atómicos y dimensiones espaciales hasta las escalas macroscópicas que nuestros sentidos pueden captar.

Historia de la arquitectura bioclimática

La historia de la arquitectura bioclimática nos remite a Romero, Corral, Martínez y Gonzalo (2006) quienes redactan que dado las investigaciones en los años setenta y principios de los ochenta se empezó a implementar dicho término pues la crisis de energéticos de ese entonces orilló a tomar medidas en la conservación de energías.

La revista digital de ArqLove. (2023) publicó un artículo explicando que la arquitectura bioclimática ha sido una práctica utilizada por las culturas antiguas desde hace siglos. A través de la utilización de materiales y técnicas de construcción sostenibles, estas culturas lograron adaptar sus edificaciones al clima y al entorno natural en el que se encontraban. Sin embargo, la arquitectura bioclimática tiene sus raíces en la historia de la

arquitectura vernácula, que se desarrolló a lo largo de siglos en diferentes regiones del mundo. Estos edificios fueron diseñados para adaptarse al clima y al entorno natural, utilizando materiales locales y técnicas de construcción tradicionales.

Siguiendo la investigación de Hernández (2014), Alrededor de 1960, comenzó en la cultura occidental una tendencia a la protección del medio ambiente convirtiéndose más tarde en todo un movimiento, apareciendo conceptos nuevos como el de “casa ecológica”, recogido en el libro de James Lovelock, “Gaia una nueva visión de la vida sobre la tierra”. La arquitectura a lo largo de toda su historia ha tenido en cuenta los principios en los que se fundamenta actualmente la arquitectura bioclimática en mayor o menor medida, el aprovechamiento de la alta inercia térmica de la tierra y su temperatura estable ha dado pie a que grandes arquitectos de la arquitectura orgánica hayan optado por soluciones que combinen la captación de la radiación solar con una arquitectura semienterrada, entre todas las obras cabe destacar el “Hemiciclo Solar” (1944), obra del arquitecto Frank Lloyd Wright.

Entonces, para 1987, la Comisión Mundial para el Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas pidió crear una carta con los principios fundamentales para el desarrollo sostenible. La Carta de la Tierra es una declaración de principios éticos y valores fundamentales que busca promover una sociedad global más justa, sostenible y pacífica. Fue redactada de manera colaborativa por una comisión internacional de líderes y expertos de diversos campos, y fue lanzada oficialmente en el año 2000.

Con el paso del tiempo, la arquitectura bioclimática ha evolucionado y se ha convertido en una solución sostenible y eficiente para la construcción del futuro. Por ejemplo, durante la Edad Media, la arquitectura islámica hizo avances significativos en el diseño bioclimático, los edificios se seguían diseñando para aprovechar la luz natural y la ventilación. Por otro lado, con la llegada de la industrialización la disponibilidad de combustibles fósiles y la invención de sistemas de climatización artificial redujeron la necesidad de adaptar los edificios al clima local. Hoy en día, los edificios bioclimáticos son capaces de generar su propia energía, aprovechar la luz natural y reducir al mínimo el consumo de agua y energía.

En un artículo de la global revista de la UNAM, Torres (2023) recalca que México, gracias a su ubicación geográfica, tiene argumentos de peso para aprovechar de mejor manera la arquitectura bioclimática, según explicó Naoki Solano García, docente universitario. A diferencia de los países europeos, donde la investigación en el uso de energías alternativas es más común, en México “nuestro clima tiene una buena incidencia de rayos solares, y eso habla de que éste es bastante benévolo y permite que tengamos menos demanda de energía para las viviendas”, destacó. Hace dos años, arquitectos de la UNAM fabricaron 400 viviendas bioclimáticas para familias que habitaban en el lugar donde actualmente se construye el Tren Maya. Para este proyecto, los universitarios reciclaron viejos rieles y durmientes de ferrocarriles.

Si bien México tiene las condiciones necesarias para avanzar hacia la consolidación de la arquitectura bioclimática, según el especialista Naoki Solano García, es necesario establecer nuevos parámetros en los reglamentos de construcción, ya que actualmente no estamos aprovechando las condiciones geográficas que tenemos.

Marco teórico

El propósito de la arquitectura bioclimática

Por ende, surge en correspondencia el objetivo particular de la arquitectura bioclimática que es en palabras de Corral, María, Gonzalo Morales y Romero Ramona (2006): “El aprovechamiento de las condiciones medio ambientales al beneficio de los usuarios.”

Según Rodríguez M. y Morillón D. (2006):

En la actualidad la arquitectura bioclimática es definida como aquello que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort, tanto en interiores como en exteriores, y que para ello utiliza exclusivamente el diseño y los elementos arquitectónicos, tratando de no utilizar sistemas mecánicos (Activos), que son considerados más bien como sistemas de apoyo. (pág. 7)

La implementación de técnicas como la orientación adecuada de los edificios, el uso de materiales locales y la maximización de la luz natural no solo contribuyen a la eficiencia energética, sino que también promueven un estilo de vida más saludable y en armonía con el contexto local. En este sentido, se fomenta la resiliencia ante el cambio climático al reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables. Este paradigma arquitectónico invita a repensar las prácticas de diseño, enfatizando la importancia de la investigación interdisciplinaria en la creación de espacios que respondan a las necesidades contemporáneas y futuras de la sociedad.

Así mismo el artículo ArqLove. (2023) define que las principales características de la arquitectura bioclimática son: “Uso de materiales naturales y renovables, optimización de los sistemas de ventilación, iluminación y climatización, aprovechamiento de la luz natural, máxima eficiencia energética, reducción del consumo de agua, generación de energía a través de fuentes renovables.” (párr., 28)

Si bien se presentan diversas variables en el estudio de la arquitectura bioclimática, entender el papel del habitante a través del confort térmico es bastante relevante. La literatura científica, como la de Szokolay (1984), señala que el confort se alcanza cuando los individuos pueden realizar sus actividades sin esfuerzo relacionado con las condiciones ambientales. Esta perspectiva es crucial, ya que sugiere que el confort térmico no solo depende de las condiciones físicas, sino también de la percepción subjetiva del individuo. (Givoni, 2010, como se citó en Martínez, Gómez y Sosa, 2023) complementa esta idea al definir el confort térmico como la “ausencia de malestar debido al calor o al frío”, lo que resalta la importancia de la percepción individual en la experiencia del confort.

Los factores que inciden en el confort térmico se dividen en dos categorías: ambientales y personales. Los factores ambientales incluyen temperatura del aire, humedad, radiación y movimiento del aire. Estos elementos son fundamentales para determinar el ambiente térmico y, por ende, la sensación térmica de los individuos. Por ejemplo, la temperatura del aire, medida a través de un termómetro, y la humedad, evaluada mediante la temperatura de bulbo húmedo, son indicadores críticos que afectan la percepción del confort (Martínez, Gómez y Sosa, 2023).

¿Se conserva el nombre de arquitectura bioclimática o debe de ser edificios verdes o sustentables?

De acuerdo con ECV. (2021), el nombre "arquitectura bioclimática" se sigue utilizando y es adecuado para describir un enfoque de diseño arquitectónico que tiene en cuenta las condiciones climáticas y ambientales del lugar para maximizar el confort térmico y reducir el consumo de energía.

Un ejemplo de este tipo de edificio son las "Passivhaus" o casas pasivas que siguen criterios de ahorro energético o consumo 0. Son viviendas que minimizan los sistemas tradicionales de climatización aprovechando las condiciones climáticas y de orientación.

Por otro lado, los "edificios verdes" o "edificios sustentables" son términos más amplios que también se utilizan para describir construcciones que buscan minimizar su impacto ambiental. Estos términos pueden incluir prácticas y tecnologías relacionadas con la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles, la gestión del agua y la calidad del aire interior, entre otros.

Principales problemáticas de la arquitectura bioclimática

De nuevo, Corral, Bojórquez, y Romero (2006) nos describen como en años anteriores las principales problemáticas que afronta al arquitectura sustentable son los modelos existentes, pues, suelen ser incompletos, simplifican una gran cantidad de datos, contienen especificaciones difíciles de interpretar e incluso su terminología es poco habitual para aquellos fuera del ejercicio de la investigación particular así como la existencia de una distancia descomunal al llevar a cabo práctica profesional.

La incapacidad de la arquitectura contemporánea para generar formas que respondan a las necesidades bioclimáticas actuales puede ser analizada a través de la teoría de la significación en el diseño arquitectónico, como se expone en el trabajo de Pokropek (2023). Esta teoría subraya que toda forma arquitectónica debe expresar su principio de acción o razón de ser, configurando significados que estimulan diversas interpretaciones en los usuarios. En este contexto, es fundamental que los arquitectos y diseñadores no solo se enfoquen en la estética, sino que también consideren la funcionalidad y la sostenibilidad de sus creaciones.

Según Pokropek (2023), las formas arquitectónicas deben revelar su principio de acción, lo que implica que el diseño debe estar intrínsecamente ligado a su función y uso. Sin embargo, en la práctica, muchos diseños arquitectónicos contemporáneos se centran en la innovación estética, dejando de lado la consideración de las condiciones climáticas y las necesidades bioclimáticas. Esto resulta en edificaciones que, aunque visualmente impactantes, no logran proporcionar el confort térmico y la eficiencia energética que se espera en un contexto de cambio climático.

La falta de atención a la relación dialéctica entre el significante (la forma física) y los significados (las interpretaciones que se le asignan) en arquitectura, puede llevar a la creación de espacios que no cumplen con su función bioclimática, ya que los significantes elegidos pueden priorizar lecturas convencionales que enmascaran los significados intrínsecos necesarios para un diseño sostenible.

Para abordar la incapacidad de la arquitectura moderna en términos bioclimáticos, es esencial adoptar un enfoque más holístico que integre la teoría de la significación con prácticas de diseño sustentables. Esto implica que los arquitectos deben ser conscientes de las implicaciones de sus decisiones proyectuales y buscar un equilibrio entre los significados convencionales y los intrínsecos a la forma. Al hacerlo, no solo se favorecerá el confort térmico y la eficiencia energética, sino que también se enriquecerá la experiencia del usuario al interactuar con el espacio.

Arquitectura, forma y fractal

El postestructuralismo, representado por pensadores como Gilles Deleuze y Félix Guattari, proporciona un marco teórico que desafía las narrativas lineales y jerárquicas, proponiendo en su lugar una concepción rizomática del conocimiento y la experiencia. En su obra "Mil Mesetas", Deleuze, Guattari, & Pérez (2004) sostienen que el pensamiento debe moverse en múltiples direcciones, similar a un rizoma, donde cada punto puede conectarse con otros de manera no jerárquica. Esta perspectiva se traduce en la arquitectura contemporánea, donde se busca romper con los esquemas tradicionales a favor de formas más fluidas y adaptativas que reflejan la complejidad del entorno urbano. Ejemplos de esta influencia incluyen la Casa da Música de Rem Koolhaas en Oporto, que integra espacios multifuncionales interrelacionados de manera orgánica (Montaner, 2009). En este contexto, la arquitectura fractal se inscribe en un mundo marcado por la complejidad y el caos, donde conceptos como los fractales, los pliegues y los rizomas permiten interpretar y proyectar la realidad arquitectónica. Según Montaner (2009), estas ideas desafían las estructuras tradicionales y exploran formas que se asemejan a la naturaleza orgánica, convirtiendo la arquitectura en un espacio de exploración continua que refleja lo inacabado y lo efímero, desafiando así las nociones convencionales de monumentalidad y permanencia.

La arquitectura fractal se fundamenta en la capacidad de geometrizar el caos de la naturaleza, representando y domesticando el desorden. Según Montaner (2009), esta geometrización se basa en la obra de Benoit Mandelbrot, quien introdujo el concepto de fractales, que se caracterizan por su irregularidad y fragmentación. Esta noción permite explorar construcciones naturales que, aunque dominadas por el azar, pueden ser entendidas a través de leyes formales repetitivas. Mandelbrot (como se citó en Montaner, 2009) afirma que "los objetos irregulares, interrumpidos o fragmentados de la naturaleza... pueden geometrizar según una ley formal fractal que se va repitiendo hasta el infinito". (pág. 73)

La arquitectura fractal, por lo tanto, se presenta como un enfoque que desafía las estructuras tradicionales, permitiendo que la forma arquitectónica se adapte a la complejidad del entorno. Por ejemplo, el proyecto de la residencia y centro de estudiantes Dipoli en Otaniemi, diseñado por Reima y Raili Pietilä, exhibe formas recortadas y estratificadas que evocan morfologías rocosas y parecen fractales, reflejando la búsqueda de una integración más intensa con la naturaleza (Montaner, 2009). Esto demuestra que la arquitectura puede ser un medio para explorar y expresar la complejidad del mundo natural.

Al integrar principios de la geometría fractal y la teoría del caos, ofrece un marco innovador para la práctica arquitectónica contemporánea. Al hacerlo, permite que los arquitectos exploren nuevas formas que se alinean con las complejidades de la naturaleza y la vida urbana, desafiando las nociones convencionales de orden y estructura (Montaner, 2009).

Metodología

Iniciamos con la búsqueda del uso de los fractales en la arquitectura y la arquitectura bioclimática y el uso de fractales en investigaciones científicas donde se buscaba la efectividad de la geometría fractal en la transferencia de calor, esto con el fin de generar una propuesta de diseño coherente para la planta de una casa unifamiliar. Se tomó en cuenta que el diseño que reflejara la geometría fractal fuera la planta, esto para que los muros fueran los transmisores de calor y poder analizar con mejor precisión estos resultados.

Posteriormente identificamos el municipio que tuviera mayor impacto térmico en el alta de temperaturas registradas en este año, esto con el fin de tomar el escenario al que más le favoreciera este resultado. A continuación, se hizo un análisis para ubicar un terreno en la ciudad, analizando su área, microclima y georreferenciándolo para ser precisos en la ubicación a la hora de hacer la comparación de proyectos.

Con en el análisis del lugar y los datos de geometría fractal se decidió usar una geometría sencilla pero que cumplía con nuestros requisitos para el análisis, que sería una retícula hexagonal asemejando a la de un panal de abejas. Continuamos con lo requerido para un proyecto arquitectónico; análisis antropométrico, partido arquitectónico, reglamento de habitabilidad, análisis de medio físico artificial y natural y una parte importante, los materiales de construcción. Para este último buscamos utilizar de ejemplo materiales típicos, tradicionales de la construcción contemporánea en la región. Y con esto sus propiedades necesarias para medir la transferencia de calor en el programa por usar.

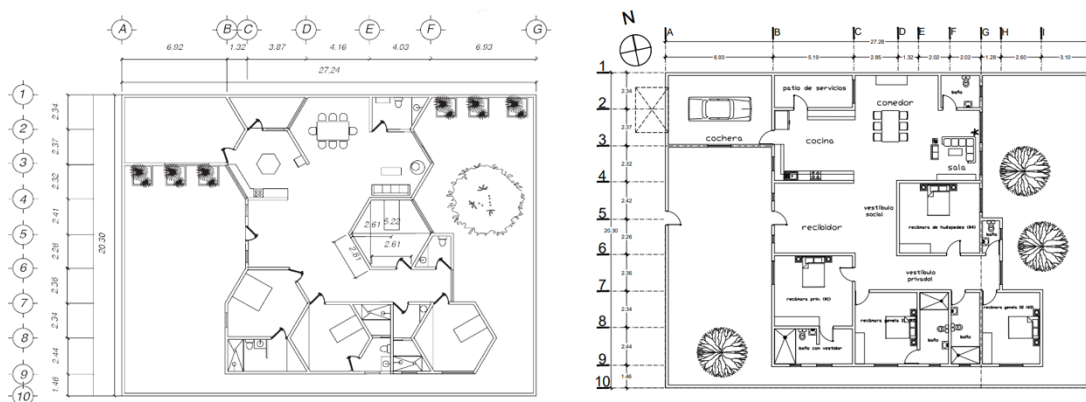
Una vez realizado en conjunto el proyecto arquitectónico, que por una parte fue con retícula hexagonal, se usó el mismo diseño y ubicaciones para el partido arquitectónico, generando un edificio con una retícula cuadrada. Generando así lo que sería un proyecto ortogonal que fuera lo más idéntico posible para evitar variantes en la comparación. Para finalizar se realizó el modelo de ambos proyectos en el programa *Ecotec (SAQUARE ONE research. 1994-2006)* para analizar las temperaturas por áreas de la casa habitación, y poder realizar comparaciones de resultados y posibles razones de estos.

Cabe mencionar que, para cumplir con la descripción de confort térmico, se debe considerar la humedad de un espacio. Siendo que el enfoque solo va a la temperatura, tomamos en cuenta la humedad relativa del municipio de Irapuato que según datos recopilados por el centro de ciencias atmosféricas de la universidad de Guanajuato y tomando en cuenta las temperaturas que el programa nos da como máximas y mínimas ubicadas en el 20 de mayor y 12 de enero, las humedades relativas son; para el mes de mayo 32.2% de humedad relativa y el mes de enero de 53.1% de humedad relativa (Centro de ciencias atmosféricas UG,2019). Tomando esto en cuenta revisamos en el libro de "arquitectura y clima de Víctor Olgyay, que la humedad relativa promedio para el confort térmico es de 30% a 65% de humedad relativa. (Víctor Olgyay, 1998) Lo que nos diría que está dentro de los rangos aceptables de confort.

Respecto a la normativa empleada en los dos casos evaluados se tomó en cuenta al Código de Edificación de Vivienda, 3era. Edición aludiendo entonces a las siguientes secciones del Capítulo 8: 801, 801.10, 802.1, 802.6, 805, 805.1, 805.2, 805.3, 806, 806.1, 806.1.2, 806.2, 806.2.2, 806.4, 806.11, 808.1, 808.2, 809, 809.1ª.

De acuerdo con la metodología utilizada, los diseños concluyentes y que se utilizaron fueron los siguientes:

Figuras 1 y 2, Modelos comparados, fractal a la izquierda y ortogonal a la derecha.



Fuente: Elaboración propia.

Materiales que se utilizarán

Para conocer la relevancia que juega el material para llegar al confort térmico humano ideal, es importante resaltar que en el modelo estudiado usamos materiales que tienen una transmisión de calor por radiación; como Hinojosa (1993) menciona “la transmisión de energía calorífica entre dos cuerpos que están a diferente temperatura, sin que haya desplazamiento de materia, pero si cambio de ondas electromagnéticas (por ejemplo, la radiación infrarroja) se conoce como radiación” (p.23).

Entonces conocemos por Hinojosa (1993) que hay sólidos, líquidos y algunos gases que emiten radiación térmica que se deriva de su temperatura. Cuando la energía radiante incide sobre un material expuesto, parte de la energía es absorbida, otra parte es reflejada y una porción puede ser transmitida a través de él.

Propiedades y variables:

Absortividad = fracción de radiación que absorbe el material.

Reflectividad = fracción de radiación que refleja el material.

Transitividad = fracción de radiación que se transmite a través del material.

Al conocer que la edificación en su mayoría en este sector del país, Irapuato, Guanajuato. Es construida con ladrillo rojo convencional, y traer el modelo más parecido a la realidad, se tomó que este será el material

utilizado, con dimensiones 7x14x28 cm, con un mortero donde se asentará el ladrillo de 1:4, con aplanado de yeso interior y exterior de 1 cm por lado.

Sitio

La ciudad de Irapuato, ubicada en Guanajuato, México, es conocida por su producción de fresas y su historia colonial acorde con lo narrado en El Sol de Irapuato. (2023). Su clima es templado con una temperatura media anual de 19°C según datos de WeatherSpark. (n.d.). La ciudad está situada en la latitud 20.67° N, con coordenadas aproximadas de 20.68° N al norte, 20.66° S al sur, 101.36° O al oeste, y 101.34° E al este, todo ello respaldado en la página de Geodatos. (n.d.). Con una población aproximada de 600,000 habitantes acorde con la Secretaría de Economía. (n.d.).

Según March (1997) Los datos empleados para la realización de este proyecto son los siguientes.

Elemento	Descripción	U-Value (transmisión térmica)	Entrada	Absorción solar	Decremento Térmico	Índice de refracción	Espesor
Muro	110 mm de ladrillo con 10 mm de yeso de cada lado	2.620 W/m ² K	4.380 W/m ² L	0.7	0.7	-	130 mm
Piso interior	Losa de hormigón de 100 mm de espesor, suelo de baldosa cerámica.	0.880 W/m ² K	6.100 W/m ² K	0.475	0.31	-	100 mm
Piso exterior	Suelo de hormigón suspendido de 100 mm de espesor.	3.000 W/m ² K	5.200 W/m ² K	0.3	0.7	-	100 mm
Puertas	Puerta de madera de pino maciza de 40 mm de espesor.	2.310 W/m ² K	3.540 W/m ² K	0.192	0.98	-	40 mm
Ventanas	Monocristal con marco de aluminio (sin rotura de puente térmico).	6.000 W/m ² K	6.000 W/m ² K	0.94	-	1.74	6 mm
Techos	Cubierta de asfalto, de hormigón ligero, yeso al interior.	0.896 W/m ² K	2.300 W/m ² K	0.9	0.58	-	175 mm

Aunque las mediciones y los coeficientes pueden cambiar el promedio ronda entre los números mostrados (Hinojosa 1993).

Resultados

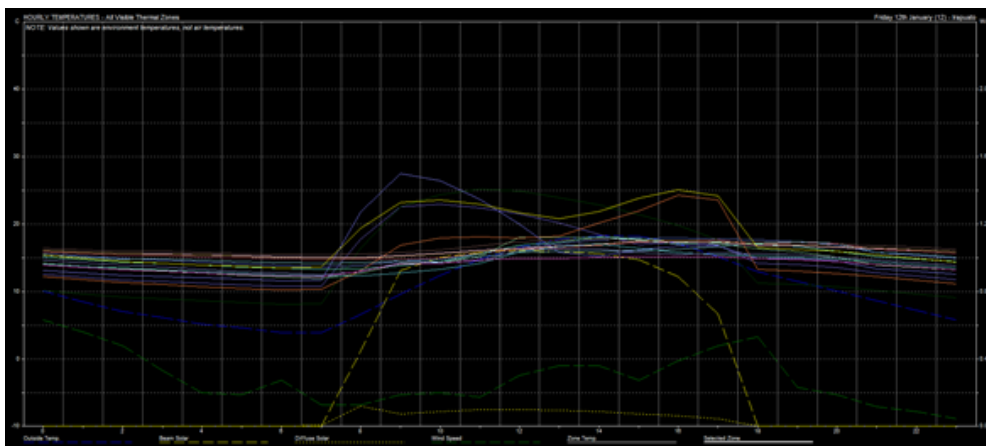
Lo que podemos observar en las gráficas es que, en la cochera, las diferencias de temperatura entre los modelos fractal y no fractal son mínimas, tanto en el día más frío como en el día más caliente. En la cocina, durante el día más frío, el modelo fractal muestra una diferencia de aproximadamente 3°C en la mañana, siendo más frío y perdiendo calor más lentamente. Por la tarde, el modelo fractal es un poco más caliente que el modelo no fractal, lo que indica una mayor eficiencia energética. En el día más caliente, la diferencia de temperatura es de 5°C en la mañana, con el modelo fractal manteniéndose más frío. Al caer la tarde, la caída de temperatura es menos pronunciada en el modelo fractal, manteniéndose aproximadamente 2°C más caliente.

En el comedor, durante el día más frío, el modelo fractal es más estable y lineal, alcanzando un máximo de 20°C, mientras que el modelo no fractal presenta fluctuaciones en la temperatura. En el día más caliente, el modelo no fractal supera los 35°C, mientras que el fractal mantiene una temperatura más controlada. En general, en los días más fríos, el modelo fractal es más cálido en la mañana y conserva mejor el calor durante el día, con

una caída de temperatura más lenta por la tarde, especialmente en el recibidor. En los días más cálidos, el modelo fractal a ser 1-2°C más calientes durante el día, aunque las gráficas de temperatura son bastante similares.

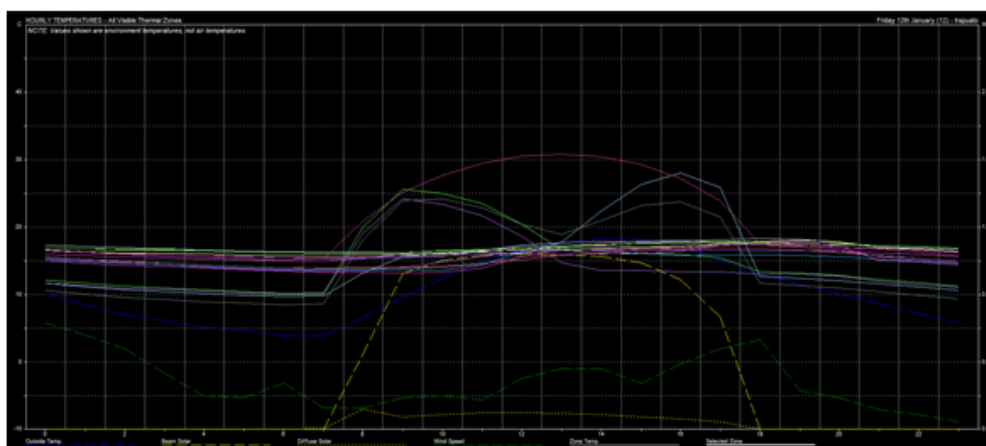
En resumen, el modelo fractal demuestra una mayor eficiencia energética y estabilidad térmica, manteniendo temperaturas más bajas en la mañana y conservando mejor el calor durante el día, especialmente en la cocina y el recibidor.

Graficas 1 y 2. Día más frío en modelo fractal a la izquierda y modelo no fractal a la derecha.



Día más frío. Modelo Fractal

- COCHERA
- COCINA
- COMEDOR
- W.C.1/2_01
- SALA
- RECIBIDOR
- HABIT_1
- HABIT_P
- HABIT_S_1
- W.C.VEST.
- W.C_1
- W.C_2
- HABIT_S_2
- W.C.1/2_02
- VESTIBULO_PRIV
- VEST_SOCIAL

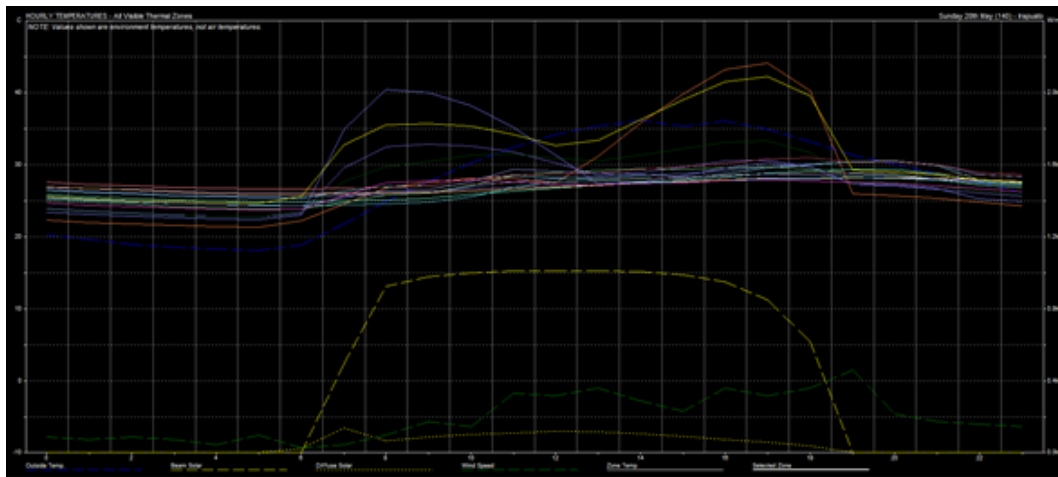


Día más frío. Modelo no fractal.

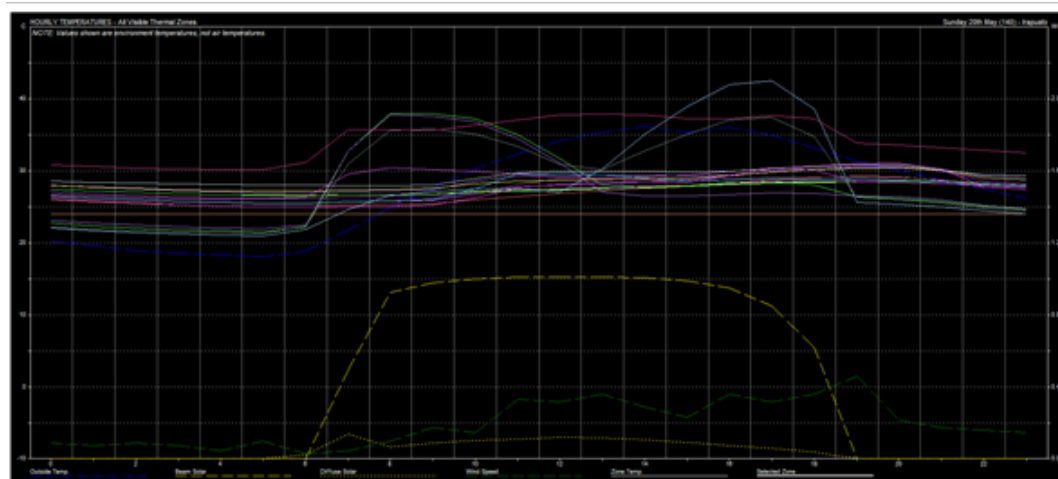
- cochera
- cocina
- rec #1
- baño rec #1
- rec #2
- baño rec #2
- baño general
- rec #3
- medio baño priv
- rec #4
- medio baño social
- recibidor
- vestibulo priv
- sala
- comedor
- patio principal
- vestibulo social

Fuente: Elaboración propia.

Graficas 3 y 4. Día más caliente en modelo fractal a la izquierda y modelo no fractal a la derecha.



Día más caliente. Modelo Fractal.



Día más caliente. Modelo no fractal.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

Los resultados arrojados son concluyentes en lo siguiente; en algunos casos favorables para el modelo fractal, y en otros desfavorable para este mismo. Conviene tratar los más especiales, como la cocina, el comedor, la sala y el recibidor, en los cuales, se observó que la temperatura era más baja (tanto para el día más caliente como el día más frío) en el modelo fractal y al subir y bajar de temperatura los cambios eran menos bruscos, lo cual puede ser un factor en contra y a favor, pues la temperatura más tarda más en incrementarse, pero también será más tardado el proceso de la perdida de esta. Lo que nos diría que a como se ha observado en otras investigaciones con la geometría fractal, esta misma ayuda a la transmisión de calor sea de una forma más eficiente, según se busque. Esto es algo que se busca con regularidad en la arquitectura, ya que de esta

forma se puede conservar más los ambientes frescos por el día y calientes por la noche. Por lo tanto, es eficiente en cierto nivel.

Para esta forma fractal, podríamos decir que el modelo utilizado es más fresco y que sus cambios de temperatura no son tan bruscos. Por otro lado, si bien hubo un caso que nos llamó la atención, que fue en el vestíbulo social, donde se resultó ser excesivamente más caliente que el no fractal. Entre todos pudimos teorizar que se podría deber a que no se dio seguimiento a la sucesión fractal, generando en él un punto donde se concentró el calor.

Conviene en este caso, hacer más estudios al respecto, pues si bien algunos casos nos demuestran que la geometría fractal hace más lenta la captación de calor en del exterior hacia el interior de la vivienda y genera un ambiente más fresco al interior de la vivienda en comparación con el modelo no fractal, otros tantos refutan esto y demuestran que el modelo fractal es un tanto caliente, aunque si bien esto se podría deber a la misma capacidad térmica de la forma o a la falta de una mejora práctica en el diseño.

Otro aspecto importante para destacar es el hecho de que ninguno de los dos modelos cumplía en todos los casos de todas las habitaciones con el confort de temperaturas, pues en su mayoría para el día más frío, ambos modelos presentaban temperaturas frías no aptas para el invierno, y en el día más caliente se elevaban fuera del confort térmico llegando a temperaturas altas para verano o primavera. Aunque solo en algunas cuantas horas del día se llegaba a un confort térmico, en la mayoría de los casos donde observaron variaciones notables en la temperatura entre un modelo y otro, el modelo fractal se distinguía por ser menos volátil en los cambios de temperatura

Bibliografía

- (S/f). Cartadelatierra.org. Recuperado el 16 de julio de 2024, de <https://cartadelatierra.org/sobre-nosotros/historia/>
- ANES. (2006). 30 años, Evolución y desarrollo de la arquitectura bioclimática en México (1.a ed., Vol. 1) [Pdf]. Manuel Rodríguez Viqueira, David Morillón Gálvez. https://anes.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/30Anos_Evolucion_y_Desarrollo_de_la_Arquitectura_Bioclimatica_en_Mexico_.pdf ISBN 968-5219-07-9
- Antonio Gaudí, precursor de la sostenibilidad y la biomimética en la arquitectura, con 100 años de antelación (2018) artículo. Salas Mirat, Carlos; Bedoya Frutos, Cesar; Adelle Argiles, Josep María. ACE. Architecture, city an environment Num. 37 pág. 71-98.
- ArqLove. (2023, marzo 14). Descubre la historia de la arquitectura bioclimática. arquitecturatecnica.net. <https://arquitecturatecnica.net/descubre-la-historia-de-la-arquitectura-bioclimatica/>
- Deleuze, G., Guattari, P. F., & Pérez, J. V. (2004). Mil mesetas. Barcelona: Pre-textos.
- Díaz, G. (2024, enero 18). Arquitectura bioclimática y su método de confort energético. Architectural Digest. <https://www.admagazine.com/articulos/arquitectura-bioclimatica>
- Dr.AJ.Marsh (1994-2006). *SAQUARE ONE research. Autodesk, Ecotec Software*. (version 5.5) Ecotect Analysis Discontinuation FAQ (autodesk.com)

- ECV. (2021, mayo 7). Diferencias entre arquitectura sostenible y bioclimática - Econova Institute of Architecture & Engineering. Econova Institute of Architecture & Engineering; Econova Institute of a Architecture & Engineering. <https://econova-institute.com/diferencias-entre-arquitectura-sostenible-y-bioclimatica/>
- El Sol de Irapuato. (2023, octubre 1). *Historia de la fresa en Irapuato: ¿La conocías?* El Sol de Irapuato. <https://www.elsoldeirapuato.com.mx/local/historia-de-la-fresa-en-irapuato-la-conocias-10776139.html>
- Geodatos. (n.d.). *Coordenadas geográficas de Irapuato - Latitud y longitud*. Geodatos. <https://www.geodatos.net/coordenadas/mexico/irapuato>
- Hernández, P. (2014, marzo 1). Antecedentes históricos de la Arquitectura bioclimática. ARQUITECTURA EFICIENTE. <https://pedrojhernandez.com/2014/03/01/antecedentes-historicos-de-la-arquitectura-bioclimatica/>
- Hinojosa, J. (1993). *Criterios bioclimáticos de construcción para viviendas en regiones semi-desérticas* [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Sonora.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- March, A. (1997). ECOTEC (Versión 5.5) [Software] Recuperado de Autodesk: <https://www.autodesk.com>.
- Martínez, A, Gómez, L y Sosa, L. (2023). *Arquitectura, Confort y Cambio Climático. Antecedentes, bases, cálculos y ejercicios prácticos con bioclimarq2023*.
- Montaner, J. (2009). *Sistemas arquitectónicos contemporáneos*. Gustavo Gili.
- Pokropek, J. (2023). Una teoría de la significación para el diseño de los significados estimulados por las formas y espacialidades arquitectónicas. *Diseño, Arte y Arquitectura*.
- Ríos, T. (1996). *Concepción y construcción de un dispositivo para medir la conductividad térmica de materiales para edificaciones* [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Sonora.
- Secretaría de Economía. (n.d.). *Irapuato: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública*. Data México. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/irapuato>
- Szokolay, S. (2008). *Introduction to Architectural Science. The basis of sustainable design*. Oxford, UK: Elsevier LTD.
- Temperatura global, última anomalía del promedio anual (2023). Recuperado el 12 de julio del 2024, de la NASA: <https://climate.nasa.gov/en-espanol/signos-vitales/temperatura-global/?intent=111#:~:text=En%20general%2C%20la%20Tierra%20era,son%20los%20m%C3%A1s%20c%C3%A1lidos%20registrados>.
- THE FRACTAL GEOMETRY OF NATURE – (Tusquets, 1982) Benoît Mandelbrot, catedrático en Yale e investigador en IBM
- Torres, B. (2023, febrero 22). *¿Qué es la arquitectura bioclimática?: clave para la sostenibilidad*. UNAM Global - De la comunidad para la comunidad; UNAM Global. https://unamglobal.unam.mx/global_revista/que-es-la-arquitectura-bioclimatica-clave-para-la-sostenibilidad/
- WeatherSpark. (n.d.). *Clima promedio en Irapuato, México durante todo el año*. WeatherSpark. <https://es.weatherspark.com/y/4553/Clima-promedio-en-Irapuato-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Víctor Olgay (1983). *Arquitectura y clima*. Editorial Gustavo Gili. Pag.19