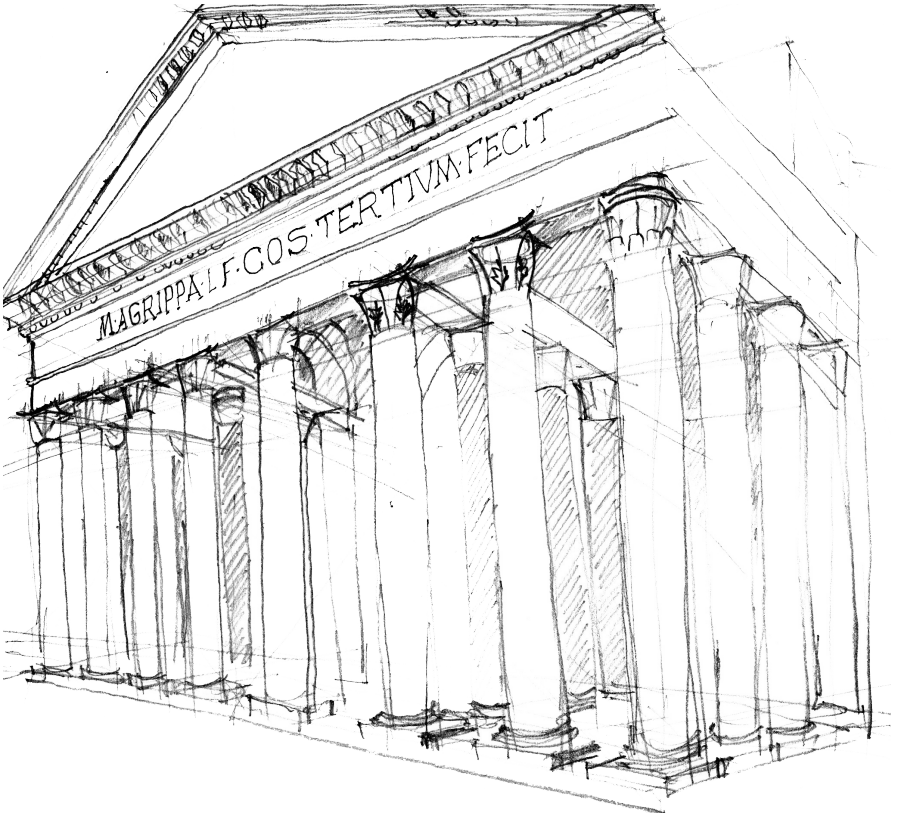
Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

_ARTÍCULO



Autor del boceto
Dr. Arquitecto Mario Raúl Ramírez de León.

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

πXY Radial en la utopía de arquitetura holográfica sobre modelos geométricos descriptivos

Radial πXY in the utopia of holographic architecure on descriptive geometric models

Dra. Cecilia E. Sandoval-Ruiz*
Profesora titular del postgrado de ingenieria
Docente e investigadora
Universidad de Carabobo
https://orcid.org/0000-0001-5980-292X
Venezuela, Ciudad Valencia, Estado Carabobo.

Fecha de recepción: 28 de abril de 2024.
Fecha de aceptación: 24 de julio de 2024.
Correo: cesandova@gmail.com

Resumen

La interpretación de complejos arquitectónicos consta del estudio de la alineación de los elementos constitutivos, donde la obra no se manifiesta como un objeto, sino como un tejido dinámico programable enmarcado en una composición inmaterial, a fin de restaurar la calidad de vida, los ciclos naturales y lograr un equilibrio más sustentable, aplicando envolventes radiales abstractas. El objetivo de la investigación es estudiar los descriptores geométricos para el modelado arquitectónico aplicando conceptos innovadores como metamateriales, tensegridad, auxética y matriz elastomérica, que son entrelazados topológicamente con elementos naturales como la luz y ondas, reflejando las potencialidades locales en un escenario diseñado para optimizar la dinámica funcional, con la mínima intervención de los espacios. El método propuesto comprende un enfoque cualitativo de análisis teórico de la geometría proyectiva, para el modelado arquitectónico sobre descriptores matemáticos, que permitan la síntesis de superficies regladas, desde la revalorización de los recursos locales (materiales, patrimoniales y energéticos). Se presenta en la sección de resultados un conjunto de postulados y la expresión matemática para la implementación de las superficies desarrollables en geometría descriptiva, logrando dibujar alternativas para la arquitectura sostenible y nuevos modelos de diseño, minimizando el uso de materiales convencionales y el impacto ambiental de estos. Lo que permite concluir que las nuevas tecnologías, soportan el desarrollo de un paradigma de arquitectura abstracta, que priorice la biosfera relacionada con el espacio y su integración armoniosa, en un esquema holográfico radial tanto del concepto arquitectónico como la distribución urbanística.

Palabras clave:
Geometría descriptiva VHDL, superficies dinámicas desarrollables, tejidos reconfigurable, estructuras proyectivas, patrones de difracción.

* Doctora en Ingeniería e Investigadora en el área de hardware reconfigurable, modelado de sistemas físicos, desarrollo de tecnología de energías renovables no convencionales y mitigación de impacto ambiental a través de optimización sobre modelos matemáticos.

Abstract

The interpretation of architectural complexes consists of the study of the alignment of the constituent elements, where the work does not manifest itself as an object, but as a programmable dynamic fabric framed in an immaterial composition, to restore the quality of life, natural cycles and achieve a more sustainable balance, applying abstract envelopes. The objective of the research is to analyze the resources from innovative concepts in the field of architecture such as metamaterials, tensegrity, auxetics and elastomeric matrix, which are topologically intertwined with natural elements such as light, waves, reflecting local potentialities in a designed scenario. to optimize functional dynamics, with minimal intervention in spaces. The proposed method includes the analysis of radial projective geometry, on an architectural model of physical and mathematical descriptors. The results are a set of postulates that outline alternatives for sustainable architecture and new design models, minimizing the use of conventional materials and their environmental impact. Which allows us to conclude that new technologies support the development of an abstract architecture paradigm that prioritizes the biosphere related to space and its harmonious integration.

Keywords:
VHDL descriptive geometry, developable dynamic surfaces, reconfigurable fabrics, projective structures, diffraction patterns.

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

Introducción

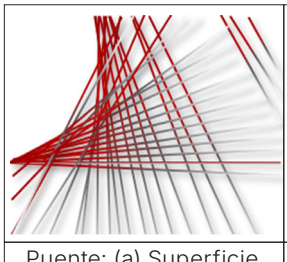
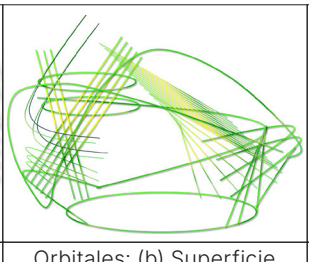
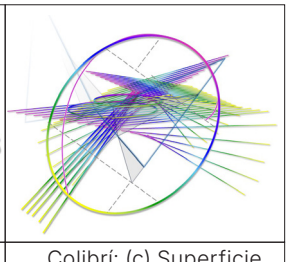
Desde la restauración de una obra, la culminación de un proyecto arquitectónico inconcluso, la comunicación a través de una ruta escénica, la narrativa de una historia paisajística que se escribe en los planos de un diseño, remontado sobre pasarelas y que se forma desde el andamiaje, se reviste de líneas y se comunica a través de pasillos, galerías, ventanales, rosetones de luz, claraboyas, y toda clase de elementos que permiten conectar los espacios interiores con el entorno infinito, interpretadas como redes neurálgicas que relacionan un concepto y una identidad.

Los proyectos arquitectónicos a través del tiempo se han visto limitados a la locación espacial, sin embargo, el reto actual es desarrollar herramientas para la creación de espacios de forma remota, aplicando modelos matemáticos, con tecnología de descripción de hardware y modulación de ondas, en VHDL (Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language), para lo cual resulta necesario el estudio de los descriptores matemáticos para el desarrollo de los patrones en geometría proyectiva. La idea puede ser vista como una utopía, pero es válido pensar en una obra como un dibujo que se autoforma a partir de una esencia conceptual, sobre teoría de la información para la síntesis estructural y configuración de ondas en el espacio.

El estudio de los descriptores matemáticos inicia con la identificación de un generador de superficies desarrollables regladas, formadas por una familia infinita de rectas, con apariencia de movimiento dado por la curva directriz parametrizable (Ver Tabla I). Esta configuración puede ser expresada a través de un polinomio generador concatenado con la curva de contorno que define la trayectoria de desplazamiento de la recta. En otras palabras, para describir en lenguaje matemático las características de la obra arquitectónica se puede resumir en una progresión geométrica (de rectas generatrices sobre curvas directrices definiendo una superficie dinámica).

Tabla I

Superficies arquitectónicas desarrollables sobre curva generatriz parametrizable

		
Puente: (a) Superficie reglada estática (generada en proyecto)	Orbitales: (b) Superficie desarrollable (elementos articulados y rotativos)	Colibrí: (c) Superficie Dinámica (cometa proyectiva)

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

Antecedentes

"La Biblioteca Nacional King Fahad en Riyadh (AS) integra una nueva estructura alrededor del edificio existente, simbolizando protección y continuidad". Se considera la restauración mediante capas envolventes funcionales. "El diseño cuenta con una fachada textil inspirada en patrones tradicionales árabes, que proporciona sombra solar y difusión de luz. Este icono arquitectónico moderno es parte de una remodelación urbana más grande, creando un hito cultural y urbano en el distrito de Olaya de Riad. Hace hincapié en la sostenibilidad, la ventilación natural y la eficiencia energética, convirtiéndola en un modelo de práctica arquitectónica moderna en la región", como envolventes optimizadoras.[1] La utilización de superficies desarrollables en arquitectura es un tema recurrente y de gran importancia en los estudios recientes sobre geometría en arquitectura. Los acercamientos de tipo computacional en esta materia han avanzado sobre los conceptos de la geometría descriptiva o proyectiva tradicional centrándose más en desarrollos analíticos de tipo matemático.[2] Este campo de estudio permite la revalorización de diseños particulares sobre geometría, aplicando ecuaciones como recursos para la descripción del *hardware* sobre el espacio proyectado.

Ahora bien, estas superficies regladas desarrollables deben ser dinámicas, por lo que son definidas por el comportamiento del modelo con geometría descriptiva, en lo que se plantea cometas como elementos proyectivos de patrones de difracción de onda, cuyos elementos tensores delimitan las superficies rectificantes, con orientación bioclimática, esto a través de ecuaciones matemáticas portables para arquitectura definida por *software*, así es como surge la teoría de implementación de superficies regladas mediante registros desplazamientos con realimentación lineal, donde la recta generatriz realizará un corrimiento sobre el polinomio que define la curva directriz o contorno de la superficie, delimitando de forma dinámica el espacio arquitectónico.

Inicialmente, se plantea la hipótesis de si un diseño puede ser descrito de forma matemática para la reconstrucción de su modelo. En este punto se abordan los avances en temáticas como entrelazamiento topológico,[3] superficies orientables como möbius o composiciones de remalleo fractal, en otras palabras, las líneas generatrices pueden ser formuladas como un tejido configurable, donde se codifica el medio como un material programable. Los tejidos permiten aplicar conceptos matemáticos como teoría de nudos y entrelazamiento topológico, propiedades auxéticas, para la síntesis de metamateriales. En el modelo de las superficies desarrollables, la generatriz pasa siempre por un punto fijo como centro de radiación (vértice) la superficie que resulta se denomina **superficie radiada**, siendo este el eje del diseño con geometría proyectiva. La directriz puede ser una línea plana o alabeada, curva o poligonal (abierta o cerrada).

---

[1] Manuela Palma Mejía. "Optimización de la envolvente para mayor protección frente a la incidencia solar en la Torre Sevilla". (Tesis en Innovación en Arquitectura de la Universidad de Sevilla, 2023).

[1] Francisco González-Quintial, & Andres Martín-Pastor. "Superficies rectificantes. Concepto, realidad geométrica y distorsión constructiva". EGA Expresión Gráfica Arquitectónica 28, nro. 47 (2023): 228-239. doi: 10.4995/ega.2023.16997.

[3] Entrelazamiento topológico, rama de la matemática dedicada al estudio de aquellas propiedades de los cuerpos geométricos que permanecen inalteradas, es una disciplina que estudia las propiedades de los espacios topológicos y las funciones continuas. S. Dong, Fradkin, E., Leigh, R. G., & Nowling, S. (2008). "Topological entanglement entropy in Chern-Simons theories and quantum Hall fluids". Journal of High Energy Physics, 2008(05), 016.

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

El objetivo de la investigación es formular descriptores matemáticos de geometría proyectiva, que puedan servir de insumo para los modelos arquitectónicos configurables, en la línea de arquitectura definida por *software*, pensado como un ensayo de la inmaterialidad del diseño, tomando como directrices trayectorias eólicas, patrones de luz solar, registradas a través de un registro secuencial aplicando técnicas de fotografía *(time lapse)* para el dibujo con fotones de luz sobre la línea de tiempo en superficies desarrollables, esto a fin de optimizar el proyecto según las condiciones del entorno. De esta manera, aparece un elemento central de valor patrimonial-funcional, como un eje de proyección del diseño, un elemento radial que comprende las etapas geométricas sobre el plano y un elemento axial, sobre el que se construye la interacción del modelo por niveles.

Alineados con esta idea se requiere el estudio de un conjunto de conceptos, presentados en la sección de conceptualización del modelo arquitectónico, para dar forma al paradigma descriptivo, aplicando herramientas tecnológicas disponibles: (1) estudio de conceptos tecnológicos, físicos, ingeniería de tejidos, andamiaje dinámico, síntesis programable y regenerativa. (2) valoración de recursos y potencialidades energéticas, para fomentar las reacciones constructivas. (3) identificación de un elemento de revalorización (patrimonial), para formular el concepto. (4) consideración del patrón π-radial en función de técnicas de geometría proyectiva. (5) formulación de postulados para la generalización de ecuaciones descriptivas de síntesis sobre el modelo arquitectónico.

En este sentido es importante el estudio de principios físicos[4] y los coeficientes ópticos *m*, la composición de estructuras de luz proyectiva en un tejido de andamiajes abstractos (moduladores de luz solar a través de lentes de difracción y proyectores de luz, para la conformación de tramas que definen los perfiles inmateriales), el diseño arquitectónico escenográfico de lagunas espejo (en distribución Fibonacci, para la reflexión de luz solar controlada, por concentración de sal), superficies orientables en la alineación de los elementos arquitectónicos, que permiten el desarrollo de nuevas tecnologías en iluminación natural, orientación de mecanismos fotovoltaicos y permiten cristalizar un concepto de arquitectura inmaterial.

Así se busca principalmente, valorizar el potencial de la región a través de la arquitectura, dando forma al diseño de paisajismos. Además de la incorporación de elementos arquitectónicos, como tejidos auxéticos, estructuras de estados de la materia (aerogel, sustancias de tipo coloidal con dos fases), cascadas de recirculación de agua, composiciones holográficas (superficies rectificantes de ondas) y vórtices flujodinámicos.[5] Siendo esencial el concepto de entrelazamiento topológico de tejidos codificadores de ondas en la estructuración de metamateriales, conformando una matriz elastomérica, basada en la configuración de nudos de material y espacios vacíos del sistema arquitectónico, aplicable para almacenamiento de energía y el uso inteligente de los recursos para crear tecnología sostenible.

[4] Cecilia Sandoval-Ruiz. "Operador matemático para caracterización y optimización de etapas de sistemas físicos". Revista Colegiada de Ciencia 5, nro. 2 (2024): 88–98. https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v5n2.a5029.

[5] Cecilia Sandoval-Ruiz. "Ω-Vórtices y Acoplamientos Resonantes en Modelo de Patrón de Flujo Toroidal Regenerativo mediante Física Moderna y Ondas". CALIBRE-Revista Brasiliense de Engenharia e Física Aplicada 9, nro. 1 (2024): 1-20.

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

Todos estos conceptos enmarcados en la definición de eco-arquitectura son aplicables tanto en diseño, como en restauración de obras arquitectónicas. De tal manera, que un monumento arquitectónico que ha sido intervenido en el tiempo por la naturaleza, convirtiendo la estructura arquitectónica en andamiaje[6] de orientación de árboles, revestimiento de vegetación nativa o circundada por lagunas de agua, puede ser abordado a través de técnicas de restauración no invasivas, es decir, una proyección de la obra original revalorizando la composición mixta con la naturaleza, como parte fundamental de la esencia de valor de la evolución de la obra arquitectónica.

Al plantear la arquitectura holográfica como una teoría de gestión eficiente de los espacios, se requiere de elementos de comunicación dados por un emisor, un canal y un receptor, que se codifica sobre ondas (luz) mediante técnicas físicas (óptica), que permiten la configuración de los espacios. La pantalla que intercepta el haz de luz interpreta el concepto del esplendor como la luz reflejada sobre una superficie, en el diálogo artístico entre la luz y el espacio arquitectónico, mencionando la relación de la perspectiva del espacio y la luz geométrica, así como, el espacio material y la luz sustancial.[7] En esta teorización se plantea la superficie como un elemento abstracto, es decir un medio físico de partículas en suspensión que conformen una envolvente arquitectónica,[8] para reflejar el mensaje que se encuentra en el diseño de la proyección dinámica de la luz.

La envolvente arquitectónica se ha convertido en un objeto de estudio,[9] donde la luz al reflejarse sobre los materiales que delimitan los espacios funcionales se ve caracterizada por el concepto emitido en las directrices del diseño. Y esto no es exclusivo del diseño de ambientes artificiales, sino que se encuentra en formas de interpretación como espejos astronómicos de agua, para optimización de la distribución espacial, seguimiento solar inteligente en captación de energía fotovoltaica y trayectoria de órbitas sobre curvas cíclicas para proyección programada de energía. En la figura 1 se resume el principio de la envolvente radial para el diseño urbanístico.

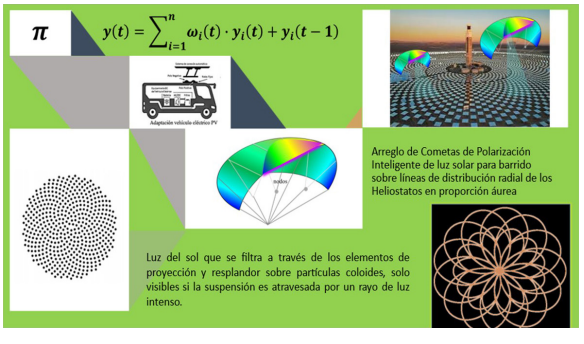


Figura 1.
Diseño Conceptual de la Teoría de π_{xy} geometría radial

[6] Formación de andamiaje sobre el patrón de la obra original, como una estructura anfitriona sobre la que se desarrolla una envolvente, desarrollando todo un nuevo ecosistema.
[7] María Mallo Añón. "Lux, lumen, splendor. El diálogo artístico de la luz y el espacio". (Tesis de Grado. Universidad de Santiago de Compostela, 2021).
[8] Javier Arias M., "La envolvente arquitectónica como herramienta conceptual de la regeneración urbana. El Espacio Joven Norte". Revista de Arquitectura 28, nro. 44 (2023): 178-193. doi: 10.5354/ 0719-5427.2023.69802
[9] Cecilia Sandoval-Ruiz. "Regeneración de espacios basada en geometría proyectiva sobre modelos de envolvente arquitectónica". REC Perspectiva 2, nro. 22 (2023): 6-19.

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

Un diseño utópico representa a los nómadas de la actualidad, establecer la arquitectura en función del clima, de las estaciones, de la optimización de eficiencia solar en las horas del día. En un urbanismo planificado sobre una geometría proyectiva radial[10] los puntos de intercepción de las curvas corresponden a los emplazamientos para la localización de las viviendas móviles con desplazamiento sobre la trayectoria orbital y orientación a través de rotación de los ángulos de posicionamiento.

Conceptualización del Modelo Arquitectónico

Desde el punto de vista artístico, se requiere de un hilo conductor del concepto, que estaría basado en la envolvente arquitectónica, como herramienta de remediación del impacto visual. Entonces se llega al diseño de un sistema basados en tecnologías sostenibles, tales como elementos replegables de domos poliédricos, andamiaje de bambú, fibras naturales y metamateriales como grafeno y ferrofluidos magnéticos, que permitan configurar las propiedades de un sistema ultraliviano, resistente, adaptativo,[11] energéticamente eficiente y ecológico. Recientes estudios se centran en la adaptación de la morfología, enlaces articulad, así como estructuras desplegables,[12] que pueden ser implementadas a través de cometas proyectivas.

Tanto como es importante la estructura lo es el espacio vacío, que ahora cobra una relevancia fundamental, porque será el insumo de trabajo en un diseño basado en la definición de un hardware mediante la configuración inmaterial. Se definen las ondas como recurso, la luz, la proyección de datos e información en la composición paisajística y técnicas de fluidodinámica para crear envolventes abstractas, como pueden ser vórtices termoformados por modelos matemáticos.

Así nace el concepto la canalización de la energía se orienta mediante circuitos de recirculación radial, donde la luz reviste el espacio de identidad, una superficie descrita por la órbita de los elementos móviles de creación de vórtices por diferencial de presión y temperatura, aislación eficiente y formación de géiser de hielo, que permitan describir el proyecto, a nivel de formas. El siguiente aspecto en la propuesta arquitectónica corresponde al mínimo uso de materiales, donde la luz pasa a ser un recurso para la definición de los espacios, a partir de modelos matemáticos. Se contempla el diseño de elementos compuestos como fuentes de agua para crear una superficie de rocío mediante aspersores, con incidencia de luz, a fin de crear una pantalla de comunicación. Así como cortinas de agua en formato de cascadas para la delimitación de ambientes, todo esto con un sistema de recirculación de agua, en circuitos de enfriamiento pasivo de los ambientes.

Por otra parte, se tiene la identificación de patrones geométricos, tal es el caso de los espirales que se observa en caracoles y otras arquitecturas de la naturaleza, donde se presentan mecanismos eficientes de ventilación, iluminación, sin consumo de

[10] Cecilia Sandoval-Ruiz. "ZPF para arreglo de proyección de onda: φ-LFSR en modelado Fp[x]/f(x) de sistemas de energías renovables". Revista de la Universidad del Zulia 15, nro. 42 (2024): 281-305. doi:10.46925//rdluz.42.16
[11] Cecilia Sandoval-Ruiz. "Sistema Eco-Adaptativo integrado en elementos arquitectónicos con tecnología sostenible". REC Perspectiva 8, nro. 4 (2015): 96-109.
[12] Daoming Liu., Pellis, D., Chiang, Y. C., Rist, F., Wallner, J., & Pottmann, H. (2023). "Deployable strip structures". ACM Transactions on Graphics (TOG), 42(4), 1-16.

energía. La proporcionalidad de las cámaras para la flotabilidad, fluido en ventilación y sistema de optimización, a través de formas radiales para ventilación cruzada, con asistencia de iluminación natural pasiva, elementos de control de luz difractada, así como capas espirales con eje común y desplazamiento sobre el radio de cobertura para ampliar el espacio.

Aplicando biomimética[13] inspirada en la optimización de espacio (estructuras de tortuga y caracol), se estudian los sistemas radiales con mecanismo articulado retráctil, a fin de compactar los módulos funcionales que no se están utilizando y extender el espacio de los módulos utilizados, tal como en un canal de comunicación se pretende establecer un protocolo de uso multiplexado en el tiempo, así se tiene un uso eficiente de los espacios y se logra mejorar la dinámica del diseño arquitectónico sobre la base de estructuras flexibles, que pueden ser adaptadas por módulos corredizos, con desplazamiento sobre rieles y rotación respecto al eje del sistema (sobre el perímetro asignado) para desplegar módulos funcionales, con desplazamiento para su extensión fuera del perímetro, con el objetivo de disponer espacios configurables.

Todo lo anterior, puede ser resumido en modelos computacionales, para la síntesis de estructuras y generadores de patrones de difracción controlados. De esta manera la creación de modelos matemáticos para la configuración de vórtices de flujo dinámico, superficies desarrollables y entramado de líneas de diseño viene a ser la propuesta en una simplificación de la arquitectura, con elementos proyectivos, tal como se presenta en la Figura 2.

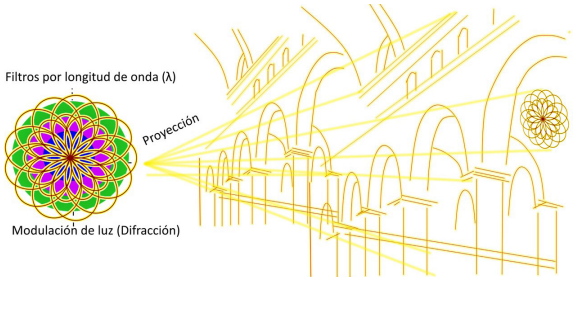


Figura 2 Galería Abstracta de arcos y bóvedas proyectadas por patrones de difracción

Estos modelos arquitectónicos se deben aplicar extrapolando criterios sostenibles, en la remediación de los espacios a través de nuevas técnicas y materiales, como bambú, microalgas, para la remediación de CO_2, captación solar y techos verdes altamente eficientes y el estudio de las estructuras óptima y metamateriales tales como el grafeno. La etapa de diseño inicia a partir del análisis de recursos disponibles, levantamiento de información, materiales y potencial energético, un modelo 3D virtual, la adaptación del modelo a partir de la reutilización de los materiales disponibles, recirculación de energía para optimización de eficiencia y complementos holográficos para el diseño de los espacios, configuración espectral de los colores, mediante entramado de luz y texturizado.

[13] María Fernanda Bravo Sepúlveda. "Emociones desde la naturaleza: método de morfogénesis en diseño" (Tesis de Grado, Universidad de Chile, 2020).

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

Un ejemplo del diseño conceptual corresponde a las etapas del complejo arquitectónico, donde las estructuras pueden ser definidas en materiales sostenibles como bambú para conformar un andamiaje de estructural flexible (replegable), con recubrimiento de fibra de vidrio o paneles traslucidos de reflexión, luz polarizada y tejidos para la conformación de espacios reconfigurables, mediante la configuración arquitectónica (ver Figura 3). De esta manera integrar nuevas propiedades topológicas, resistencia, tensegridad, auxética, elasticidad, en una matriz elastomérica, para la definición del tejido arquitectónico, a partir de modelos físicos-matemáticos, que puede ser desarrollado de forma orientable, adaptándose a las condiciones del entorno de forma sostenible.

Figura 3 Estructura pórtico de superficie fractal en composición de Tensegridad

Igualmente, algunos elementos comunicacionales de la arquitectura pueden ser diseñados como ondas proyectadas, con el objetivo de definir superficies cinemáticas (inmateriales), que se basan en la geometría proyectiva o efecto estela de mecanismos fluidodinámicos. Los elementos articulados y estructuras tensegríticas, también son aplicadas para sistemas flotantes que se ramifican como arrecifes en los espacios marinos, para la captación de energía de las olas y creación de espacios diseñados como lagunas espejo para el proyecto arquitectónico.

Las estructuras que aplican el concepto de tensegridad[14] presentan entre sus ventajas el ser estructuras acopladas como un todo, no presentando puntos de debilidad local.[15] Además que presenta un elemento discreto y un elemento acoplador de potencial elástico (muelle), tal como los sistemas físicos de osciladores armónicos, por lo que tiene una buena relación entre resistencia y cantidad de material, la longitud de los elementos discretos no permite que se presente pandeo de la estructura y por ser sistemas articulados no se presentan tensores de inercia,[16] dando una dinámica a la estructura con alta flexibilidad, es decir, vibran porque transfieren las cargas de una parte a otra de la estructura de forma muy rápida, fenómeno muy útil para absorber la energía impactos o sismos, que puede ser reciclada. Así se puede concluir que mediante ensamblaje de estructuras simples se llegan a estructuras complejas,

[14] Tensegridad es un principio estructural basado en el empleo de componentes aislados (comprimidos) que se encuentran dentro de una red tensada continua, de tal modo que los elementos acoplados no se tocan entre sí y están unidos únicamente por medio de componentes tensados, donde se crea una red de osciladores armónicos.
[15] Forcada Puigoriol, J., Andrés Martínez, J., Reyes Pozo, G., & Menacho Solà-Morales, J. "Desarrollo de una metodología basada en el método de los elementos finitos para la proyección de estructuras tenségridas". In XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia (2012): 11-13.
[16] El tensor de inercia es un tensor simétrico de segundo orden que caracteriza la inercia rotacional de un sólido rígido.

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

en un sistema de andamiaje de la propia estructura auto soportada, como sistemas plegables, cuyo diseño se basa en método de elementos finitos MEF con ANSYS para el cálculo que permita determinar el estado de equilibrio de la estructura y sus tensiones, en base a la configuración geométrica óptima.

Los coeficientes geométricos tal como π, establecen la relación entre la circunferencia y el diámetro se ha seleccionado como la relación de base para la distribución espacial en tres dimensiones de un espacio arquitectónico, que se comunica entre niveles a diversas alturas mediante columnas de luz, pasarelas y estructuras tensadas (aplicando el concepto de tensegridad), para proyectar invernaderos abiertos y canales de comunicación mediante vías radiales en distribución Fibonacci, siendo los coeficientes $\pi,\varphi,\varepsilon,$ los descriptores arquitectónicos espaciales y así definir la envolvente arquitectónica es la forma de comunicación más propicia, donde se establecen las directrices del concepto de la obra, la distribución de los espacios y la relación entre las zonas.

El objetivo de colocar un eje central para la concentración solar y redireccionamiento de la energía a cada unidad del diseño urbano permite optimizar el diseño, cada elemento tendrá tres grados de libertad para girar sobre su eje, ángulos de elevación y azimut, con el propósito de posicionar el captador de forma óptica y traslación sobre orbitas de las curvas cíclicas, a fin de establecer una resonancia entre el sistema. Un conjunto de domos traslucidos con polarización programable (filtros por longitud de onda e índice de reflexión configurable), que permitan crear la comunicación de los espacios sobre los requerimientos del diseño, de forma dinámica. Una composición fractal[17] en la ramificación de la distribución sobre el plano π_{xy}, así como una distribución toroidal en la distribución espacial con recirculación de recursos y energía en la superficie xyz, en un sistema de coordenadas rectangulares para la descripción axial y polares (descripción radial).

El diseño urbanístico debe contemplar la distribución de los espacios para la comunicación de la obra con un entorno funcional, en las tres dimensiones, más allá de las vías de comunicación, a través de pasarelas de niveles estratégicos, con el objetivo de crear captadores directos e indirectos de radiación solar, mediante las proyecciones arquitectónicas. De esta manera surge el concepto de un diseño 3D entrelazado en superficies desarrollables, que comprende una descripción detallada del potencial regional, un estudio de radiación solar, incidencia eólica y undimotriz, para interpretar la forma óptima del diseño. El proyecto está pensado en un complejo de módulos arquitectónicos con ángulo de orientación solar, en una distribución Fibonacci replicando la ubicación de las semillas de girasol, la región costera comprende el diseño de un muelle flotante con forma de araucaria, que busca extender las ramas de captación de energía undimotriz y define un conjunto de niveles de altura para la captación, direccionamiento inteligente y recaptación de energía eólica. Todo esto pensado en crear una matriz inteligente de energías renovables.

[17] Cecilia Sandoval-Ruiz. "Kirigami, estructuras geométricas fractales y ondas de luz". REC Perspectiva 1, nro. 21 (2023): 44-58.

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

Una distribución radial de los elementos funcionales en proyectos arquitectónicos es propicia para la comunicación de espacios, la proyección de la luz y línea de vista, donde se pueden establecer grados de libertad para el seguimiento solar, creando un complejo de helióstatos. Se plantea la teoría de arquitectura utópica, como un proyecto basado en un sistema de principios de ideas de sostenibilidad y empatía, por parte de la obra arquitectónica con los espacios. De esta manera el proyecto arquitectónico es una función (matemática) que permite desarrollar una obra, donde el argumento del discurso viene dado por los recursos del espacio. Un tratamiento en capas constructivas, que busca recrear la ingeniería de tejidos.

Si se trata de seleccionar un hilo conductor de la comunicación se trataría de un contexto envolvente, como pueden ser pasarelas verdes con elementos de tensegridad, superficies regladas desarrollables mediante tramas de luz y geometría proyectiva, para dotar a la obra de un argumento reconocible, que comunique una idea conceptual del desarrollo. Lo mismo que un material común como puede ser tejidos de bambú, elementos hidrodinámicos como fuentes y cascadas, arcillas y otros recursos locales, que permitan colocar en valor la identidad de la zona. Una estructura de grafeno funcional con tejido arquitectónico, que le revista de un argumento comunicacional de la obra, dotado de resistencia, seguridad, climatización, iluminación pasiva, flexibilidad y baja densidad en los materiales.

Por su parte, el centro del proyecto puede tratarse de un recurso patrimonial arquitectónico, donde es imprescindible introducir el concepto de los centros de interpretación, para comunicar el arte e interpretar los principios físicos que soportan una obra, desde la reflexión de la luz que define sus tonalidades, hasta la mecánica estructural, con intencionalidad pedagógico, que conecta intelectual y emocionalmente, estimulando su interés para comprometerlo con su conservación, por lo que se propone la geometría proyectiva sobre modelos matemáticos aplicados a la valorización de la arquitectura y los espacios. El diseño de emplazamientos adaptados a espacios dinámicos y ambientados en la línea de la ruta escénica, con criterios de compromiso ambiental, la gestión de recursos y residuos de manera responsable requiere enunciar conceptos tecnológicos de soporte para la implementación del modelo a continuación: Estructuras auxéticas,[18] Patrones cimáticos, estructuras articuladas, cometas proyectivas y optimizadores.[19]

[18] Daniel Acuna, Gutiérrez, F., Silva, R., Palza, H., Nunez, A. S., & Düring, G. "A three step recipe for designing auxetic materials on demand". Communications Physics 5, nro.1 (2022): 113.

[19] Superficies Optimizadoras desarrolladas con programas informáticos de geometría matemática para estructuras configurables (figuras geométricas de tres dimensiones, que se encuentra en un estado estable y se puede desplegar a otro estado estable como una forma expandida, basadas en células biestables optimizadas, tiene una propiedad que es el número de Poisson negativo, al ser sometido a una fuerza crea espacio adicional). Sistemas estructuras con mecanismos de accionamiento neumático (aire comprimido), para desplegar sectores de ampliación, con mobiliario replegable, rotacionales y auto suspendidos (hamacas, columpios, elementos articulados de configuración dinámica), para expandir un bloque en espacios con diferentes alturas y cubrir una superficie mayor, con techos y pisos retráctiles. Aplicando nodos articulados y corredizos, para estructuras reentrantes desplegables y estructuras quirales (giratorio angular), donde una serie de acoplamientos son empaquetados o desempaquetados, en una composición radial dinámica de configuraciones estructurales, para optimizar la energía, superando los ángulos de sombra. Elementos proyectivos de luz solar y viento, para generación de energías renovables, iluminación y climatización pasiva. Proyección de luz solar para delimitación de espacios, tejidos de luz y arquitectura reconfigurable, mediante geometría proyectiva, biomimética en arquitectura, superficies desarrollables, luz como elemento modelador de espacios, paisajes sostenibles.

> "Las estructuras se replican en patrones fractales, hasta tres niveles sucesivos... Las estructuras creadas fractalmente... Es de nuevo la naturaleza la que nos enseña cómo las estructuras fractales adquieren una mayor resistencia con menos material y con menos energía gastada en su construcción. Pues, con el diseño y la fabricación de tecnología digital, utilizando impresoras 3D a gran escala, que ya están comenzando a existir, ahora esa fractalidad estructural puede convertirse en una realidad y en un nuevo paradigma para la arquitectura y el diseño".[20]

Entonces al momento de definir las superficies envolventes pueden ser modeladas como superficies regladas desarrollables,[21] sobre un modelo fractal. Un poco más abstracto, se proponen superficies fluidas, basadas en mecánica de fluidos, con manejo de densidad del medio, para crear vórtices o estelas delimitantes, en espacios semiconfinados. Se llega así a una arquitectura basada en ecuaciones matemáticas, sucesiones Fibonacci y progresiones geométricas, que describen la composición del diseño. Desde una aplicación móvil, se pueden establecer los parámetros de diseño y los objetivos de configuración, para establecer la obra arquitectónica por software.

Metodología

Se desarrolló un enfoque cualitativo de la investigación, definiendo un método descriptivo mediante la observación y el estudio de patrones para la definición de descriptores matemáticos, sobre el que se alinean técnicas de optimización, para los casos funcionales,[22] patrimoniales[23] y ecológicos[24] del proyecto arquitectónico. Se seleccionó un rosetón de la iglesia y se analizó la geometría descriptiva de conformación, se desarrolló el patrón matemático a partir de la ecuación polar. El método comprendió el estudio de técnicas de modelado arquitectónico dinámico, para la con-

[20] Alberto Estévez. "La naturaleza es la solución". Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos, nro. 105 (2022): 183-216.

[21] Isabel Crespo Cabillo. "Control gráfico de formas y superficies de transición". (Universitat Politècnica de Catalunya, 2005).

[22] Se definen los revestimientos de la obra. El siguiente punto corresponde al aislamiento térmico, sónico y electromagnético, esto a través de paneles de elementos piramidales, para la formación de cámara anecoicas, diseñada para absorber en su totalidad las reflexiones producidas por ondas acústicas o electromagnéticas en cualquiera de las superficies que la conforman (suelo, techo y paredes laterales). Además de las cámaras acústicas, las cámaras anecoicas de radiofrecuencia son recintos con un blindaje metálico en sus paredes, emulando una jaula de Faraday. Las cámaras son forradas con material diseñado para la absorción de ondas electromagnéticas (distinto al material empleado para absorber ondas acústicas), a fin de aislar la cámara de cualquier tipo de influencia externa y simular condiciones de espacio libre en su interior de la obra arquitectura. El tercer aspecto corresponde al concepto de polarización inteligente mediante lentes ópticas en elementos de iluminación interior, tales como ventanales y claraboyas, donde nuevamente se realiza un tratamiento de las ondas incidentes, con el propósito de obtener un sistema de climatización e iluminación pasiva, altamente eficiente. De esta forma se comunica la luz y componentes de ondas del espectro electromagnético, así como las ondas mecánicas, en pro de la sostenibilidad.

[23] En la restauración se pueden aplicar técnicas para el levantamiento planimétrico y detalles de compatibilidad dimensional, con la estructura base. En el mismo orden de ideas se puede realizar el estudio infrarrojo de la obra, para obtener un mapa de distribución de calor en función de los puntos de concentración de luz solar, esto permite proyectar, la incidencia de la luz, aplicando técnicas de geometría proyectiva, para la creación de nuevos espacios, estrechamente relacionados con las formas de diseño original. Esto permite crear una prolongación de la arquitectura, a través de la conceptualización del paisaje. La tecnología LiDAR (Light Detection And Ranging) utiliza la luz, en lugar del sonido o el radar, para medir la distancia. Esto se consigue proyectando un láser infrarrojo sobre los objetos alrededor del sensor y midiendo el tiempo de retorno de la luz reflejada al emisor, lo que permite escanear, por medio de la cámara, puntos espaciales una obra arquitectónica, codificando las imágenes y convirtiéndolas en modelos 3D, con elementos desplegables, rotatorios y arquitectura móvil en la distribución del proyecto, a fin de identificar las necesidades y requerimientos en este nuevo esquema arquitectónico.

[24] Revalorizar el potencial del entorno, para la conceptualización arquitectónica, con criterios la integración de vistas en asociación con el potencial natural circundante.

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

figuración de las diversas topologías del diseño,[25] donde la aplicación de un operador sobre campos finitos de Galois[26] resulta el método de descripción matemática para el modelado de superficies optimizables.

Paso I. Se selecciona un patrón de referencia (rosetones de arquitectura patrimonial, registros de una superficie desarrollable por haz de luz solar incidente, etc.).

Paso II. Se aproximan las ecuaciones matemáticas modeladoras, la técnica empleada es la observación, reconocimiento de patrón para la selección de la ecuación de base, identificación de parámetros tales como número de aristas, relaciones radiales y axiales, hasta obtener un set de componentes aproximados, que pueden ser cortados o interceptados (restando funciones), solapados (mediante concatenación de funciones), o desarrollados en composición fractal (aplicando la selección de variables compuestas en funciones dependientes del tiempo y parámetros).

Paso III. Se generaliza la descripción geométrica a través del modelo de superficies compuestas, donde se define unidades sobre operadores matemáticos de convolución entre los tensores y se define la configuración en función de parámetros, para obtener un descriptor paramétrico.

Resultados

La obtención de los descriptores matemáticos, se desarrollaron mediante ensayos iterativos sobre ecuaciones geométricas, lo que permite simular y replicar diseños particulares. Esta técnica descriptiva aplicada a un caso de estudio permite la valorización del patrimonio arquitectónico intangible, analizando la proyección de luz a través de elementos de difracción de onda definidos en un plano, conformado por naves destechadas, galerías abiertas y bóvedas de proyección de luz solar, que permita reinterpretar las obras patrimoniales de la arquitectura, estudiando sus líneas de diseño, reconociendo los patrones característicos y describiendo en detalle el modelo matemático, para la restauración de los planos y el mensaje intrínseco que comunica la obra, desde una perspectiva ampliada como se presenta en la Figura 4.

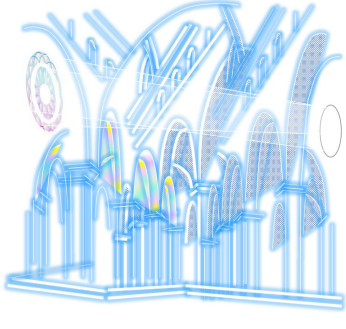


Figura 4 Galería Holográfica de estructura radial de proyección de luz por longitud de onda[27]

[25] $\pi_1(SO_3)$, en cada composición de rotación sobre los planos πxy, πyz, πyz respectivamente, se obtienen nuevos espacios definidos por los intervalos entre las estructuras algebraicas sobre los espacios topológicos y teoría de grupos.
[26] Cecilia Sandoval-Ruiz. "Fractal mathematical over extended finite fields Fp[x]/(f(x))". Proyecciones 40, nro. 3 (2021): 731-742. doi:10.22199/issn.0717-6279-4322.
[27] Interpretación de la obra arquitectónica: Iglesia de Nuestra Señora de Chiquinquira, Lobatera-Venezuela.

En el proyecto arquitectónico parte de la observación y contempla los recursos naturales disponibles, a fin de crear superficies orbitales por resonancia, efecto estela y pantallas reflectivas, mediante proyección de ondas de luz. El principio directriz basado en las ecuaciones para la guía de ondas y el cálculo de equilibrio del sistema de osciladores acoplados, destacando la configurabilidad de las estructuras articuladas y los materiales, para lograr una matriz de síntesis sobre ecuaciones descriptivas, basada en la dualidad onda-partícula para los diseños. El diseño biomimético modular de los elementos arquitectónicos se plantea como método de simplificación de la composición arquitectónica, priorizando la seguridad ambiental, calidad de vida de los seres vivos, tanto humanos, mascotas y fauna silvestre, todo esto manteniendo una disposición en proporciones estéticas del paisajismo en pro de la salud integral de los habitantes y su entorno.

El modelo matemático acá propuesto permite definir materiales con propiedades auxéticas,[28] como microceldas de registros desplazamiento con memoria estructural y realimentación lineal (Figura 5), por lo que la energía se almacena en ciclos periódicos. Entre sus aplicaciones se considera en arquitectura e ingeniería para almacenamiento de energías renovables, a partir de un arreglo geométrico con propiedades biestables, es decir que presenta más de un estado de equilibrio. En Hayashi et al., (2024)[29] se analiza un estado de equilibrio para estructuras dotadas de integrabilidad, cuyos parámetros pueden ser relacionados con el modelador LFSR propuesto.

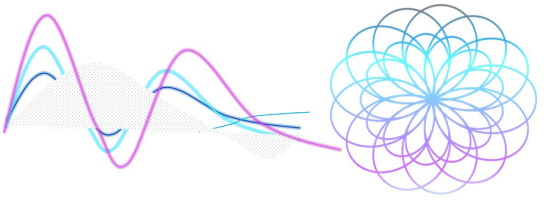


Figura 5 Generador de patrones del modelo arquitectónico π radial

Postulado 1. Uno de los principios asumidos es definir una envolvente arquitectónica, inspirada en las superficies Gaussianas, con el objetivo de compensar los efectos del proyecto, en el interior de la superficie envolvente. Esto se logra a través del diseño simétrico, donde cada elemento funcional tiene un elemento de compensación, así el envolvente flujo dinámica se equilibra mediante vórtices con sentidos de giro configurables, siendo el objetivo principal de la teoría planteada describir las ecuaciones modeladoras para el diseño basado en criterios de responsabilidad ambiental. En este sentido, se considera un mecanismo replegable como un paraguas que se expande formando un domo-poliédrico, que genera la superficie de revestimiento ampliada de

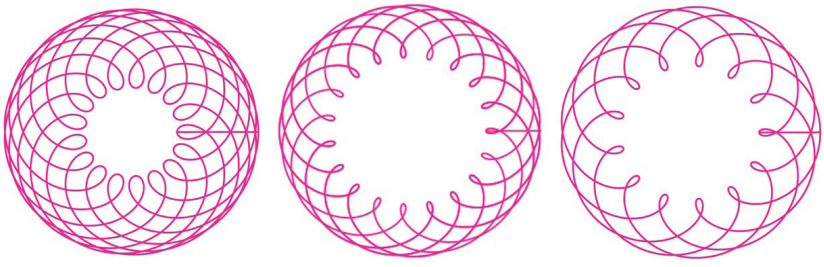
[28] María Dolores Álvarez-Elipe. "Aplicaciones de las propiedades auxéticas en la arquitectura" (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid, 2017). doi:10.20868/UPM.thesis.48454.

[29] Relaciona la optimización estructural en geometría diferencial discreta, para la generación paramétrica, sobre una malla cuadrilátera construida a partir de una función exponencial discreta, para cada rama y_n=r_0 e^(p±√(-1) k)n. Hayashi, Kasuki, Jikumaru, Yoshiki, Yokosuka, Yohei, Hayakawa, Kentaro, & Kajiwara, Kenji "Parametric generation of optimal structures through discrete exponential functions: unveiling connections between structural optimality and discrete isothermicity". Structural and Multidisciplinary Optimization 67, nro. 3 (2024), 41. https://doi.org/10.1007/s00158-024-03767-1.

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

la envolvente arquitectónica, de esta manera se expanden los módulos funcionales enmarcados en la superficie envolvente y se despliega el mecanismo de cometa de optimización (capa flujo dinámica), para crear la proyección y reflexión, a favor del equilibrio óptimo del sistema arquitectónico teorizado, con estructuras corredizas, tejidos estructurales tensados y biomimética. Se realizó un conjunto de ensayos, con parámetros ajustables, que permiten definir poliedros configurable,[30] de la forma:

$$x = (R - r)\cos\theta + d\cos\left(\frac{R - r}{r}\theta\right)$$
$$y = (R - r)\operatorname{sen}\theta + d\operatorname{sen}\left(\frac{R - r}{r}\theta\right)$$



R=18 r=16 R=18 r=8 R=18 r=5

Postulado 2. Los recursos naturales permiten sustituir la materialidad en la arquitectura, mediante la creación de espacios ambientados por ondas electromagnéticas y flujos controlados para la creación de superficies desarrollables. En este sentido se extrapolan las ecuaciones aplicadas a patrones de difracción de ondas y polinomios generadores de vórtices de compensación. De tal manera que se generaliza a través de un polinomio generador de la superficie aplicando el operador matemático de convolución LFSR. Este concepto puede ser interpretado como una progresión aritmética en relación con la interacción del número de elementos, punto de la cadena en el patrón geométrico, así se puede establecer el código del tejido estructural de la superficie, sobre operadores de convolución,[31] aplicados a los códigos de la directriz, donde el polinomio generador p(x) puede ser expresado de la forma:

$$p(x) = 21x^7 + 13x^6 + 8x^5 + 5x^4 + 3x^3 + 2x^2 + x + 1$$

Donde el exponente corresponde a la palabra en el i-ésimo nivel o capa y el coeficiente se relaciona con la magnitud topológica del tejido de superficie (Sandoval-Ruiz, 2024),[32] correspondiente para el nivel seleccionado, manteniendo una relación en los coeficientes como la suma de los dos códigos precedentes.

[30] Ecuación de poliedro (R,r), en conformación de un domo geodésico de radio interior variable, control de apertura y cierre de la estructura configurable. Se presenta como una esfera Hoberman estructura capaz de plegarse, modificando la superficie de cobertura, a través de mecanismos articulados en las uniones entre los tramos replegables.

[31] Cecilia, Sandoval Ruiz. "Modelo Optimizado del Codificador Reed-Solomon (255,k) en VHDL a través de un LFSR paralelizado". (Tesis Doctoral de la Universidad de Carabobo, 2013).

[32] Cecilia, Sandoval-Ruiz. "Formulación matemática del análisis de tejidos estructurales y su aplicación en arquitectura biomimética". Perspectiva 1, nro. 2 (2024), 26-37. https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/42568.

Postulado 3. Las técnicas estructurales de ordenamiento de capas (bifaciales), para la optimización de los materiales, recursos y espacios en un diseño, basadas en una distribución topológica, dotando al tejido de propiedades elásticas para la conformación de una superficie flexible, cumpliendo con directrices del campo acotado en el generador de superficie.

$$z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}, \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} < 1$$

Postulado 4. Se observa la arquitectura como una extensión de las ecuaciones matemáticas modeladoras de geometría descriptiva, de la forma:

$$x = (R - (r * \mathrm{Cos}(R * i * \pi)/n)) * \mathrm{Cos}(i * \pi)/n)$$
$$y = (R - (r * \mathrm{Cos}(R * i * \pi)/n))) * \mathrm{Sen}(i * \pi)/n)$$

Postulado 5. Documentar el valor de la obra desde la perspectiva de la luz en sus espacios, a partir de identificar los planos arquitectónicos originales y aportes de los artistas en cada etapa de desarrollo, modelos descriptivos, ecuaciones que modelan las superficies desarrollables y complementar el diálogo entre la luz geométrica y los espacios proyectados.

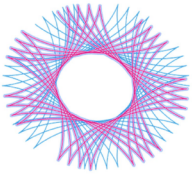
La tesis planteada permite caracterizar los componentes espectrales de luz solar sobre la zona objeto de estudio, lo que permite definir filtros solares basados en polarización de la luz para la proyección de estructuras arquitectónicas, mediante el modelo matemático:

$$\frac{\partial y(r' t)}{\partial t} = \sum_{i=1}^{m} g_i \cdot x^i(t) + \frac{1}{\Phi} \cdot x^i(t-1) \pm \sum_{j=1}^{n} \frac{(-1)^j}{r(j)!} \cdot \frac{\partial^2 x^j(t'r)}{\partial r,\, t}$$

Se obtiene una ecuación descriptiva generalizada, considerando un término de memoria del diseño y un término de compensación que será el responsable de establecer la simetría geométrica para anular el impacto de elementos sobre el ambiente (un mecanismo par de efecto Coriolis o lentes y espejos simétricos), que permita mitigar el campo asociado a un flujo, definiendo un equilibrio dinámico. De esta manera se optimiza el patrón de flujo y ondas, para la proyección geométrica del diseño sobre los espacios y se recrea un ambiente armónico inspirado en galerías, que permite conceptualizar una infraestructura inmaterial. Así mismo, se plantea en el modelo radial una interacción eficiente para la remediación ambiental, presentado en la Tabla II.

Tabla II

Remediación Ambiental sobre planeación urbanística π-radial

Propuesta	Descripción de características Técnicas del Concepto	Equilibrio Radial
Magnet Kite	Configuración geométrica de un arreglo de cometas por acoplamientos magnéticos y filtros en rangos de longitud de onda de plasma ionizado	
Estaciones Urbóticas	Protección de fauna, dispensadores de alimento y suministro de fuente de agua, climatización, información ruta escénica	
Técnicas Sostenibles	Balcones con celosías que protegen del calor, torres captadoras de viento para recirculación de flujo de aire y baori o tanque subterráneo escalonados de agua reciclada para refrigeración.	
Regeneración estructural	Restauración arquitectónica digital, modelado en base a la infraestructura existente, clasificando los materiales sostenibles y el impacto ambiental.	

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

Discusión

Se ha planteado el estudio y reconocimiento de potencialidades, presupuesto de infraestructura, para diseñar técnicas de reciclaje de obras en un concepto integrado, donde en lugar de la remodelación convencional que tiene un costo asociado a materiales nuevos, residuos de materiales (escombros y residuos sólidos), se realice la restauración a través de ondas proyectadas. Aquellas obras que han sido deterioradas por el paso del tiempo pueden ser recuperadas mediante superficies rectificantes y tejidos flexibles o lumínicos de prolongación de elementos arquitectónicos, tal como una estructura holográfica que permita una experiencia 3D de la obra original, sobre las bases de los elementos arquitectónicos originales. De esta manera, se presenta una obra arquitectónica evolucionada, con menor densidad, que pueden ser intervenidas en conceptos actualizados, sin desestimar su valor arqueológico. Así aparece un método de restauración *software*, que presenta una mínima intervención del *hardware* de la obra arquitectónica.

"La casa en la que vivimos es la prolongación de nuestra consciencia"
Alejandro Jodorowsky

Al momento de describir la obra se puede definir desde **Rosetones con patrones caleidoscópicos.** La comunicación mide el impacto de las ondas que interactúan con la obra arquitectónica, formando patrones radiales, con longitudes de onda específicas para filtrar los componentes y optimizar el flujo de energía eficiente, **embovedados traslucidos** para cobertura de las naves de la obra, con superficies compuestas piramidales, para aislación anecoica y reflexión geométrica de la luz incidente, y una envolvente replegable con paneles fotovoltaicos, así como **arcos, columnas y otros elementos** arquitectónicos en composición fractal. Elementos móviles no cimentados (sin acoplado mecánico), con el propósito de realizar la traslación de los elementos sobre una trayectoria definida en una curva cíclica asociada a las estaciones del año y un eje de rotación para seguimiento de luz solar y ángulo de incidencia óptimo, durante las horas del día, eficiencia máxima.

Y llegado a este punto del concepto de arquitectura proyectiva, se postulan conjeturas teóricas de alto interés, como lo son la percepción descrita de la luz del sol que se filtra a través del tejido arquitectónico, de forma similar al efecto Komorebi[33] que se da en la naturaleza, hacia los espacios proyectados, con el efecto asociado por el contraste de iluminación espacial entre tramada y ondas de luz recirculada sobre superficies reflectantes. Esto lleva a inferir un método de diseño donde las superficies estén definidas por arquitectura caleidoscópica,[34] donde el haz de luz solar incidente sea polarizado, reflejado y alineado en ángulos de proyección definidos, para crear un conjunto de estructuras fractales, formuladas por ecuaciones matemáticas pre calculadas. En el mismo orden de ideas se plantea el diseño programado de efecto

[33] Komorebi se refiere a la luz del sol que se filtra a través de las hojas de los árboles.
[34] Efecto Caleidoscópico (del griego kalós, bella, éidos, imagen y scopéo, observar) es un arreglo óptico, que contiene tres espejos, que forman un prisma triangular con su parte reflectante hacia el espacio de proyección, al extremo de los cuales se encuentran dos láminas traslúcidas entre las cuales hay varios objetos de colores y formas diferentes, cuyas imágenes se ven multiplicadas simétricamente al ir girando el proyector mientras se mira por el extremo opuesto.

Tyndall[35] para definir haces de luz y su superposición en espacios del diseño. De esta manera se logra definir las ondas de luz como recursos (inmateriales) para el diseño de un proyecto arquitectónico como prolongación de estructuras funcionales básicas. Entre sus ventajas se cuenta la portabilidad del diseño, desde aplicar escaneo de los espacios e infraestructura actual (a través de aplicaciones móviles), desarrollo descriptivo de manera remota y modulación de los recursos de ondas de luz, para recrear una obra en su totalidad.

Urbanismo, Parques de Energías Renovables y RSE Responsabilidad Socio Ecológica
Los conceptos estudiados pueden ser aplicados en centros de interpretación en parques solares y eólicos, desde vistas aéreas y miradores desarrollados para el análisis de las proyecciones de radiación solar y ráfagas de viento, como potencial intangible del modelo arquitectónico, en el marco del turismo científico y urbanismo escénico. La luz y códigos de tejidos y ondas como lenguaje, para la creación de arquitectura abstracta, logrando una gestión eficiente y responsable de los recursos. Lo material e inmaterial conjugado a través columna traslucida de agua para estudio de efectos ópticos de la luz sobre el diseño arquitectónico intangible, del vaporizado de fuentes de agua actuando como prisma sobre la que se refleja la luz solar orientada, para recrear estructuras espectrales, así como la aplicación de levitación acústica y magnética, con el objetivo de conformar espacios diseñados sobre fenómenos ópticos y principios de física.

El concepto arquitectónico con responsabilidad social debe ser extrapolable al diseño urbanístico, con el compromiso de fomentar espacios inclusivos, garantizar el bienestar integral y áreas *pet friendly*, compatibles con mecanismos de asistencia a la movilidad: sillas ortopédicas, órtesis (para mitigar el impacto sobre el sistema articular y facilitar la movilidad ante condiciones de lesiones neurológicas-óseas), mediante el amortiguamiento asistido por muelles, dotando al mecanismo de un grado de libertad adicional, unidades terapéuticas de control, redes de salud, alimentación y cuidado de las mascotas, a través del concepto de animales de apoyo emocional, con dispensadores de alimentos y agua, sensores de ultrasonidos para detectar obstáculos, para la atención de la fauna urbana, así como dispositivos para sentidos asistidos, como visión artificial, detectores de movimiento y sistemas LiDAR para mapeo de posición de obstáculos, centralizados con collares de las mascotas e indicadores en vehículos, integrando el concepto en mecanismos viales de protección de la fauna silvestre, jardines de recuperación de calidad de aire, entre otros.

Todo esto pensado en optimizar el hábitat y la calidad de vida de los animales, mediante tecnología de gemelos digitales, de forma segura y comprometida con el bienestar de las especies, como un reflejo de la cultura local. Así mismo la adaptación de los parques recreativos con pasarelas y rampas de acceso que faciliten la movilidad segura, ciclovías, sensores para monitoreo de patrones de comportamiento y migración para la protección de las especies, reservas naturales, promoción de rutas escénicas de concientización para el cuidado de la flora y fauna nativa.[36]

[35] Efecto Tyndall es un fenómeno físico explica científicamente por qué las partículas coloides en disolución o en gas solo son visibles si la suspensión es atravesada por un rayo de luz intenso. (se presenta al encender las luces del auto en la niebla o cuando la luz del sol entra por una ventana).

[36] Cecilia Sandoval-Ruiz. "Sistemas inteligentes para la protección de ecosistemas, flora y fauna". Universidad, ciencia y tecnología 25, nro. 110 (2021): 138-154. https://doi.org/10.47460/uct.v25i110.486

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

Conclusiones

La investigación logró el objetivo de reconocer descriptores matemáticos, mediante la identificación de patrones geométricos y su definición a través de ecuaciones para VHDL, los cuales son aplicados para la formulación de diseños de forma estandarizada, permitiendo hacer portables los modelos adaptativos sobre distintas plataformas, la simplificación de la lectura de los elementos estructurales, la aplicación de tecnología de ingeniería de tejidos y estructuras topológicas, definiendo así superficies rectificantes que permitan mitigar el impacto ambiental de los proyectos arquitectónicos, desarrollar superficies de difracción (parasoles) y mantener criterios de protección de la flora y fauna con responsabilidad ambiental.

Gracias al concepto de arquitectura π-radial sobre descriptores geométrico se logra la reconfiguración del tejido arquitectónico, superficies optimizables y reubicación de elementos del urbanismo de forma dinámica, ante factores de impacto ambiental y condiciones bioclimáticas:

De esta manera el diseño arquitectónico debe ser flexible para reorientar su desarrollo de manera segura y armoniosa con su entorno.

Incluir un enfoque de practicidad en movilidad de los elementos, por lo que el primer factor diferenciador es una arquitectura inmaterial y fluida.

Obtener las ecuaciones descriptivas para la formulación de la relación entre el espacio vacío y las ondas.

Sistematizar la aplicación de materiales ultraligeros, reciclables y sostenibles, con diseños replegables y eficientes.

Referencias

Acuna, Daniel., Gutiérrez, Francisco., Silva, Rodrigo., Palza, Humberto., Nunez, Alvaro., & Düring, Gustavo. "A three step recipe for designing auxetic materials on demand". Communications Physics 5, nro.1 (2022): 113. https://www.nature.com/articles/s42005-022-00876-5.epdf

Álvarez-Elipe, María Dolores (2017). Aplicaciones de las propiedades auxéticas en la arquitectura (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid). https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.48454.

Añón Mallo, María. "Lux, lumen, splendor. El diálogo artístico de la luz y el espacio". (Tesis de Grado. Universidad de Santiago de Compostela, 2021).

Arias M., Javier. "La envolvente arquitectónica como herramienta conceptual de la regeneración urbana. El Espacio Joven Norte". Revista de Arquitectura 28, nro. 44 (2023): 178-193. doi: 10.5354/ 0719-5427.2023.69802

Bravo-Sepúlveda, María Fernanda. "Emociones desde la naturaleza: método de morfogénesis en diseño" (Tesis de Grado, Universidad de Chile, 2020).

Crespo Cabillo, Isabel. "Control gráfico de formas y superficies de transición". (Universitat Politècnica de Catalunya, 2005).

Estévez, Alberto T. "La naturaleza es la solución". Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos, nro. 105 (2022): 183-216.

González-Quintial, Francisco., & Martín-Pastor, Andres. "Superficies rectificantes. Concepto, realidad geométrica y distorsión constructiva". EGA Expresión Gráfica Arquitectónica 28, nro. 47 (2023): 228-239. doi: 10.4995/ega.2023.16997.

Hayashi, Kasuki, Jikumaru, Yoshiki, Yokosuka, Yohei, Hayakawa, Kentaro, & Kajiwara, Kenji "Parametric generation of optimal structures through discrete exponential functions: unveiling connections between structural optimality and discrete isothermicity". Structural and Multidisciplinary Optimization 67, nro. 3 (2024), 41. https://doi.org/10.1007/s00158-024-03767-1

Liu, Daoming., Pellis, Davide., Chiang, Yu-Chou., Rist, Floriant., Wallner, Johannes., & Pottmann, Helmut. "Deployable strip structures". ACM Transactions on Graphics (TOG) 42, nro. 4 (2023): 1-16.

Palma Mejía, Manuela. "Optimización de la envolvente para mayor protección frente a la incidencia solar en la Torre Sevilla". (Tesis en Innovación en Arquitectura de la Universidad de Sevilla, 2023).

Puigoriol Forcada, J., Andrés Martínez, J., Reyes Pozo, G., & Menacho Solà-Morales, J. "Desarrollo de una metodología basada en el método de los elementos finitos para la proyección de estructuras tenségridas". In XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia (2012): 11-13.

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Formulación matemática del análisis de tejidos estructurales y su aplicación en arquitectura biomimética". Perspectiva 1, nro. 2 (2024), 26-37. https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/42568

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Regeneración de espacios basada en geometría proyectiva sobre modelos de envolvente arquitectónica". REC Perspectiva 2, nro. 22 (2023): 6-19. https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/41374

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Kirigami, estructuras geométricas fractales y ondas de luz". REC Perspectiva 1, nro. 21 (2023): 44-58. https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/40438

Revista AVANCE Año_14, Vol_25_2024 No_2 / julio-diciembre 2024 / Guatemala / ISSN impreso 2308-3328 / ISSN electrónico 2959-5983 / Facultad de Arquitectura_USAC

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Fractal mathematical over extended finite fields Fp[x]/(f(x))". Proyecciones 40, nro. 3 (2021): 731-742. doi:10.22199/issn.0717-6279-4322.

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Sistema Eco-Adaptativo integrado en elementos arquitectónicos con tecnología sostenible". REC Perspectiva 8, nro. 4 (2015): 96-109.

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "ZPF para arreglo de proyección de onda: φ-LFSR en modelado Fp[x]/f(x) de sistemas de energías renovables". Revista de la Universidad del Zulia 15, nro. 42 (2024): 281-305. doi:10.46925//rdluz.42.16

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Quantum architecture: osciladores acoplados, dinámica y ERNC". REC Perspectiva 1, nro. 19 (2022): 86-99. https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/38184

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Arquitectura fractal reconfigurable - AFR basada en tecnologías sostenibles". REC Perspectiva 2, nro. 16 (2021): 54-71. https://produccioncientificaluz.org/index.php/perspectiva/article/view/35486

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Sistemas inteligentes para la protección de ecosistemas, flora y fauna". Universidad, ciencia y tecnología 25, nro. 110 (2021): 138-154. https://doi.org/10.47460/uct.v25i110.486

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "LFSR Optimization Model based on the Adaptive Coefficients method for ERNC Reconfigurable Systems". Revista Chilena de Ingeniería: Ingeniare 29, nro. 4 (2021): 743-766. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000400743

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Proyecto Cometa Solar–CS para optimización de sistemas fotovoltaicos". Universidad Ciencia y Tecnología 24, nro. 100 (2020): 74-87. https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/307

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Arquitectura Reconfigurable y Redes Inteligentes aplicadas al Diseño Sostenible en Smart City". REC Perspectiva 7, nro: 12 (2018): 1-19.

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Diseño Arquitectónico Inteligente Aplicando Conceptos de Urbótica y Sostenibilidad". REC Perspectiva, 11 (2017): 18-29.

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Sistema Eco-Adaptativo integrado en elementos arquitectónicos con tecnología sostenible". REC Perspectiva 8, nro. 4 (2015): 96-109.

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Operador matemático para caracterización y optimización de etapas de sistemas físicos". Revista Colegiada de Ciencia 5, nro. 2 (2024): 88–98. https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v5n2.a5029

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Ω-Vórtices y Acoplamientos Resonantes en Modelo de Patrón de Flujo Toroidal Regenerativo Mediante Física Moderna y Ondas". CALIBRE-Revista Brasiliense de Engenharia e Física Aplicada 9, nro. 1 (2024): 1-20.

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "xyz Modelo de optimización de arreglos de cometas captadoras de energías sostenibles". Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia 46, nro. 2 (2023). https://doi.org/10.22209/rt.v47a01

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "YPR-ángulos de alineación para arreglo de cometas de captación de energía eólica: α, β, γ-coeficientes de control y mantenimiento de patrones de flujo regenerativos". Revista Científica de la UCSA 10, nro. 3 (2023): 3-15. https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2023.010.03.003

Sandoval-Ruiz, Cecilia. "Modelo Optimizado del Codificador Reed-Solomon (255,k) en VHDL a través de un LFSR paralelizado". (Tesis Doctoral de la Universidad de Carabobo, 2013).