

Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo – Facultad de Arquitectura

Programa – Maestría en Diseño Avanzado – Morelia Mich. Mx. Junio 2026

TESIS

Investigación mediante Diseño: Marco Metodológico para la Conceptualización de Principios Formales Ancestrales en Dispositivos de Control Solar Contemporáneos

Análisis formal y validación experimental de celosías bioclimáticas para espacios de clima cálido en Morelia, Michoacán.

Para obtener el grado de **Maestra en Diseño Avanzado**

ARQ. ADRIANA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

Asesor: Dr. Juan Alberto Bedolla Arroyo



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

MESA SINODAL

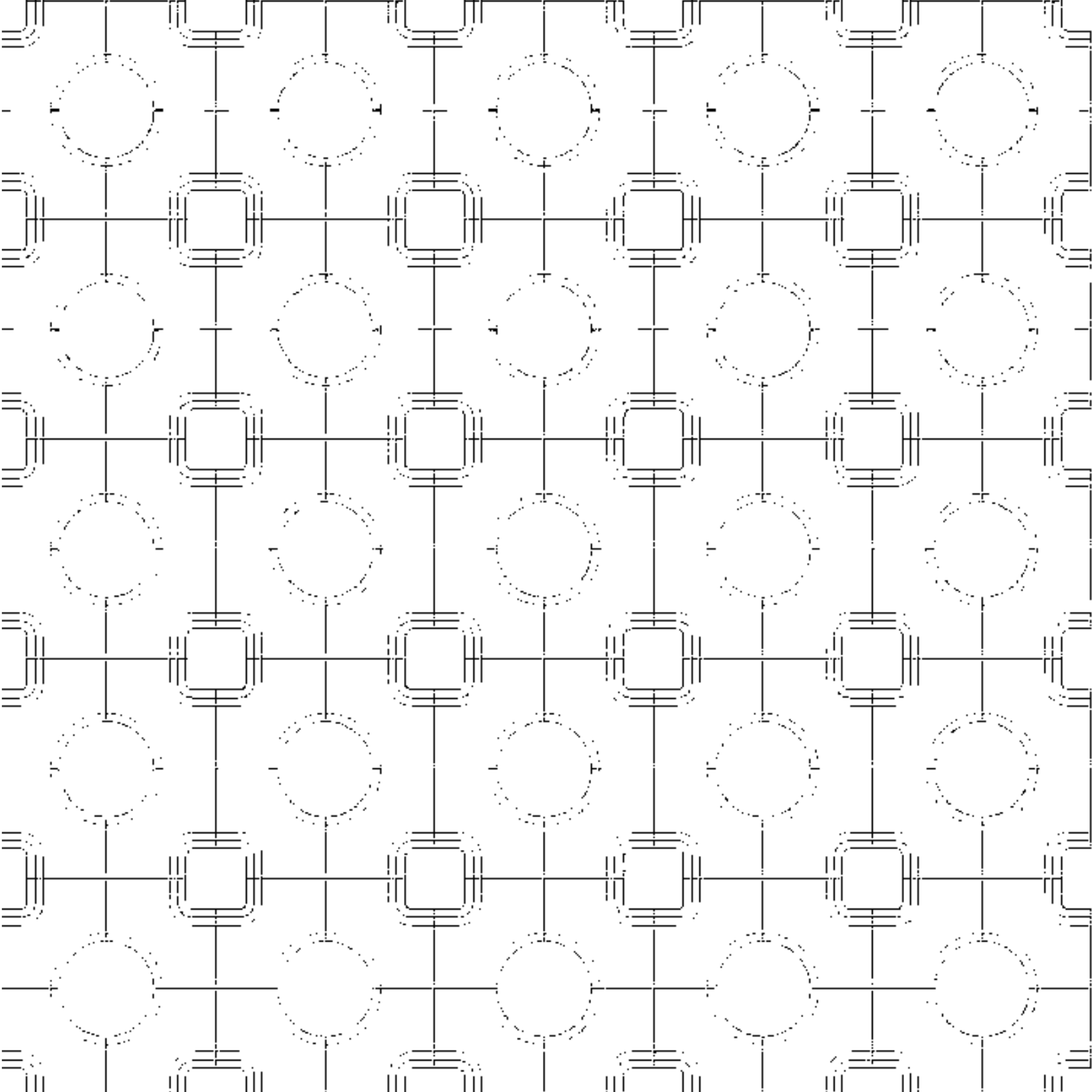
Juan Alberto Bedolla

Axel Becerra Santa Cruz

Erika Elizabeth Pérez Muzquiz

Cecilia Copete Elías

Carlos Pedraza Gómez



DEDICATORIA

A MI FAMILIA, A MIS AMIGOS Y A MIS MAESTROS

AGRADECIMIENTOS

A MI FAMILIA, A MI MAMI QUE SIEMPRE ME APOYA EN TODOS MIS PROYECTOS, A MIS HERMANOS QUE ESTUVIERON APOYÁNDOME Y AYUDÁNDOME EN MIS EXPERIMENTOS, A MI NOVIO QUE ESTUVO DÁNDOME PALABRAS DE APOYO TODOS LOS DÍAS Y AYUDÁNDOME CON SUS TIPS DE INGE, A MIS AMIGOS QUE SIEMPRE ME ACOMPAÑAN, EN ESPECIAL A KARI Y TOÑO QUE CONTRIBUYERON A ESTA TESIS Y ME ALIENTAN A LOGRAR MIS OBJETIVOS, A MIS MAESTROS QUE SIEMPRE ESTÁN AL LADO APOYÁNDOME A LO LARGO DE ESTE CAMINO ACADÉMICO.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS	5
LISTA DE IMAGENES.....	8
LISTA DE TABLAS	11
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	15
JUSTIFICACIÓN	19
1.0_Marco conceptual.....	24
1.1 La incidencia solar.....	24
1.1.1 Iluminación natural	31
1.2 Antecedentes.....	37
1.2.1 Dispositivos Bioclimáticos.....	37
1.2.2 Celosías.....	38
1.2.3 Clasificación de celosías por material, forma y patrón geométrico.	43
1.3_Marco teórico: forma y referente Puuc	50
1.3.1 Estilo Puuc como referente cultural y formal.....	50
1.3.2 Características del estilo Puuc	60
1.3.3 Definición del concepto de la forma.....	65
1.3.4 La luz como dimensión de la forma	72
1.4_Estado del Arte.....	75
1.4.1 Paul Bik.....	75
1.4.2 Atelier Plateau	79

1.4.3 Eduardo Terrazas	85
1.4.4 Convergencia de referentes: forma, luz y materia como sistema	93
2.0_Procesos de diseño	97
2.1_Objetivos:.....	97
2.2_Metodología	99
2.2.0_Diagrama	99
2.2.1 Propuesta de metodología experimental.....	103
2.2.2 Contexto climático y solar de sitio: Morelia, Michoacán	112
2.2.2.1 El clima de Morelia: entre la templanza y la variabilidad	112
2.2.2.2 Comportamiento solar a lo largo del año	112
2.2.2.3 La demanda dual: filtrar y permitir	113
2.3 Experimentación	115
2.3.1. Bocetos	121
2.3.1.1 Primer molde – Cartón	123
2.3.1.2 Segundo molde – Unicel.....	126
2.3.1.3 Tercer molde – Madera	131
2.3.2 Construcción de Moldes – Segunda generación.....	145
2.3.2.1 Tercera generación de moldes — E-4 y E-6 con madera cepillada y lijada	147
2.3.3 Tercera fase de bocetos - Diseño simultáneo de pieza y molde.....	152
2.3.3.1 Bocetaje de uniones — El módulo como sistema.....	153
2.3.3.2 Renders de verificación — E-7, E-8 y E-9.....	158
2.3.4 Moldes de tercera generación — Sistema desmontable en pino cepillado	161
3.0_Resultados del prototipado	164

3.1 Resultados del vaciado – E7, E-8 y E-9	164
3.2 Nueva mezcla — Cemento blanco, marmolina y gravilla	166
4.0_Experimentación material	170
4.1 Experimentación con pigmento — E-9 en cemento blanco y pigmento negro	170
4.2 Experimentación con mármol triturado — E-9 y comportamiento térmico.....	171
4.3 Experimentación con doble pigmento — Evaluación visual del conjunto.....	173
4.4 Evaluación del conjunto — Los módulos unidos	174
5.0_Análisis y Resultados	187
5.1 Diseño del experimento higrotérmico	187
5.2 Validación higrotérmica: análisis de datos HOBO	188
5.3 Resumen semanal.....	191
5.4 Conclusiones del análisis higrotérmico	192
6.0_Fase de conclusiones y Recomendaciones.....	196
6.1 Conclusiones	196
6.2 Recomendaciones	198
6.3 Referencias.....	200

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1 Celosía Kumiko Japonesa, https://stockcake.com/	38
Imagen 2 Peter Becker 2017 Revista Stone-Ideas.com.....	41
Imagen 3 Archi expo connect, Abiya Mashrabiya 2025	43
Imagen 4 Clasificación tipológica de celosías	46
Imagen 5 Izquierda: El Gran Palacio. Sayil, Yucatán. Foto: Enrique Vela / Raíces. Derecha: Edificio Oriente, Cuadrángulo de las Monjas. Uxmal, Yucatán. Foto: Guillermo Aldana / RAÍCES.	51

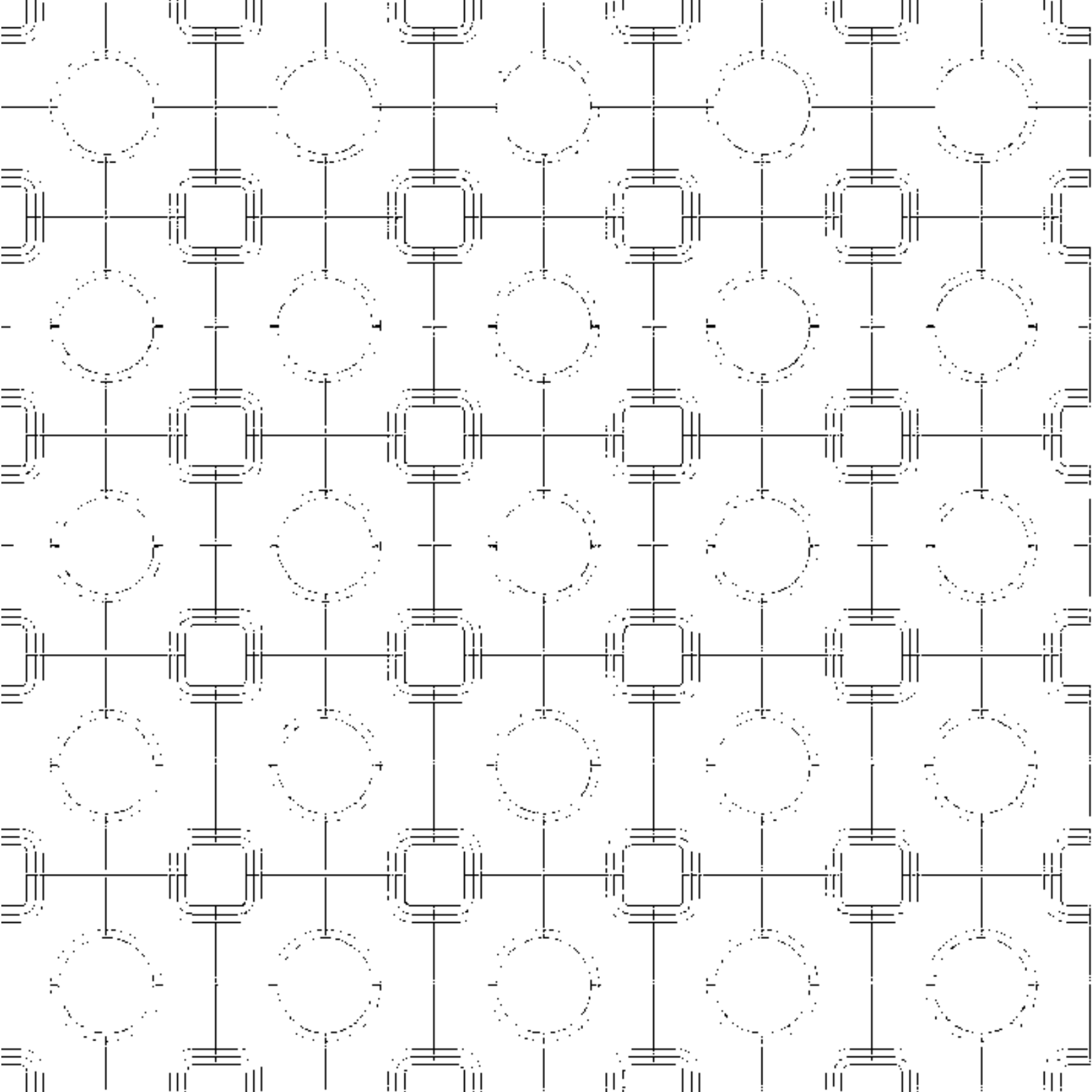
Imagen 6 Características Estilo Puuc.....	54
Imagen 7 Arco de Labná. Labná, Yucatán. Foto: Guillermo Aldana / Raíces.	55
Imagen 8 Arquitectura Puuc, la complejidad de la construcción en Mesoamérica Erick Abel Mena 2021 Foro de la historia	58
Imagen 9 Análisis del estilo Puuc	59
Imagen 10 Elementos Arquitectónicos del estilo Puuc	63
Imagen 11 Mascarones del dios de Chaac en Kabah, Yucatán, Erika Porras, 2009	64
Imagen 12 Teorías de la forma.....	74
Imagen 13 Yinjispac, Paul Bik, 2023	76
Imagen 14 Proceso de Diseño Paul Bik.....	78
Imagen 15 Atelier Plateau, 2025 product	81
Imagen 16 Atelier Plateau 2025 Projects.....	82
Imagen 17 Proceso de Diseño. Atelier Plateau	84
Imagen 18 https://eduardoterrazas.com/index.php/tablas/	86
Imagen 19 https://eduardoterrazas.com/index.php/tablas/	88
Imagen 20 Proceso de Diseño. Eduardo Terrazas	92
Imagen 21 Propuesta metodológica experimental	99
Imagen 22 Marco metodológico	101
Imagen 23 Diagrama de Investigación	102
Imagen 24 Proceso de Diseño de esta investigación.	111
Imagen 25 Boceto E-1	121
Imagen 26 Boceto E-2	121
Imagen 27 Boceto E-3	121
Imagen 28 Dibujo digital, prototipo E-3	123
Imagen 29 Cortes	124
Imagen 30 Despiece de molde	124
Imagen 31 Primer molde	124
Imagen 32 Primer experimentación de la forma en prototipo físico.	125
Imagen 33 Segundo molde.....	126
Imagen 34 Vaciado	126
Imagen 35 Desmolde	126
Imagen 36 Segunda experimentación de la forma E - 3	127

Imagen 37 Experimentación de la forma E - 3	128
Imagen 38 Experimentación de la forma E-3, unión de prototipos.	129
Imagen 39 Experimentación de la forma E- 3. Unión de prototipos.	130
Imagen 40 Molde de madera E -3.	133
Imagen 41 Prototipo E -3 Dimensión 30 cm x 30 cm.	135
Imagen 42 Análisis de Diseño Xlapak, E-4	139
Imagen 43 Análisis de Diseño Uxmal, E-5	140
Imagen 44 Análisis de Diseño Labná E-6	141
Imagen 45 Dibujo Digital. E.4	142
Imagen 46 Dibujo Digital E-5	143
Imagen 47 Dibujo Digital E-6	144
Imagen 48 Molde E-6.....	145
Imagen 49 Molde E-5.....	145
Imagen 50 Molde E-4.....	145
Imagen 51 Prototipo E-4, E-5 y E-6.....	146
Imagen 52 Moldes cepillados y lijados, E-4 y E-6.....	148
Imagen 53 Vaciado con pintura en la superficie E-4 y E-6.....	149
Imagen 54 Prototipo E-4.....	150
Imagen 55 Prototipos E-6	151
Imagen 56 Diseño de prototipos E-7, E-8 y E-9	153
Imagen 57 Prototipo en Sistema de E-7	155
Imagen 58 Prototipo en Sistema de E-8	156
Imagen 59 Prototipo en Sistema de E-9	157
Imagen 60 Elaboración Arq. Antonio Solís, Render E-7.....	158
Imagen 61 Elaboración Arq. Antonio Solís. Render E-8.....	159
Imagen 62 Elaboración Arq. Antonio Solís. Render E-9.....	160
Imagen 63 Moldes en Madera	161
Imagen 64 Diseño de herrajes en moldes.	162
Imagen 65 Diseño de moldes	163
Imagen 66 Testigo.....	164
Imagen 67 Testigo.....	165
Imagen 68 Prototipos	166

Imagen 69 Prototipo E-9, Cemento blanco con gravilla.....	167
Imagen 70 Prototipo E- 9 Cemento blanco, marmolina y pigmento en polvo color negro....	170
Imagen 71 Prototipo E – 9, cemento blanco y marmolina.....	172
Imagen 72 Prototipo, E – 9, cemento blanco, marmolina y pigmento en polvo color negro y ocre.....	173
Imagen 73 Prototipo E-9. Sistema.....	175
Imagen 74 Prototipo E-9. Sistema.....	176
Imagen 75 Prototipo de mezcla cemento blanco con marmolina.....	177
Imagen 76 Prototipo cemento blanco con mármol triturado, pulido.....	178
Imagen 77 Prototipo cemento blanco con marmolina y pigmento en polvo color negro.....	179
Imagen 78 Prototipo de cemento blanco con gravilla para prefabricado, con pigmentos en polvo color negro y ocre.....	180
Imagen 79 Prototipo de cemento blanco y marmolina con pigmentos en polvo color negro y ocre.....	181
Imagen 80 Prototipo cemento blanco con marmolina y gravilla.....	182
Imagen 81 Prototipo testigo de yeso, con resistol blanco y pigmento color ocre.....	183
Imagen 82 Prototipos de diferentes materialidades.....	184
Imagen 83 Elaboración Arq. Antonio Solís. Render.....	185
Imagen 84 Experimento Higrotérmico.....	187
Imagen 85 Conclusiones – Experimento higrotérmico.....	194

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Groat and Wang, tres dimensiones metodológicas.....	104
Tabla 2 Groat and Wang, método.....	105
Tabla 3 Bryan Lawson pensamiento de diseño como método.....	107
Tabla 4 Datos climáticos, Morelia, Michoacán, Mx.....	114
Tabla 5, Análisis referente TACO.....	117
Tabla 6 Estadísticas generales por sensor: Temperatura (°C) y humedad relativa. Periodo 24 de abril a 10 de mayo 2026.....	189
Tabla 7 Temperatura promedio por turno del día, todos los sensores (°C). La fila de la tarde corresponde al turno crítico del análisis.....	190
Tabla 8 Resumen semanal por sensor, temperatura promedio y máxima absoluta (°C).	191



RESUMEN

La incidencia solar en espacios arquitectónicos constituye un factor determinante en el diseño de edificaciones contemporáneas, jugando un papel fundamental en la configuración del confort térmico y la calidad ambiental interior. La adecuada gestión de la radiación solar emerge como un componente crítico para la sostenibilidad y habitabilidad de los espacios construidos.

La implementación de estrategias pasivas para el control o la mitigación solar resulta indispensable para evitar el sobrecalentamiento y optimizar el confort lumínico y térmico, contribuyendo a la eficiencia energética de espacios arquitectónicos en climas cálidos y reduce la dependencia de sistemas mecánicos de climatización.

El resultado de esta investigación tiene como objetivo desarrollar un marco metodológico experimental para diseñar elementos arquitectónicos de control solar que ayuden a mitigar la incidencia solar y por lo tanto contribuyan al confort térmico en espacios arquitectónicos de clima cálido, mediante un análisis formal y material de dispositivos inspirados en estrategias tradicionales.

En cuanto a la metodología se implementó un proceso experimental iterativo que combinó: (1) análisis histórico de soluciones de control solar; (2) exploración formal y material mediante prototipos en diferentes materiales (yeso, cemento blanco, cemento con color); (3) evaluación comparativa visual y térmica mediante sensores HOBO.

Palabras Clave: celosías, mitigación solar, confort térmico, diseño experimental, clima cálido, forma, arquitectura prehispánica

ABSTRACT

Solar incidence in architectural spaces is a determining factor in the design of contemporary buildings, playing a fundamental role in shaping thermal comfort and interior environmental quality. The proper management of solar radiation emerges as a critical component for the sustainability and habitability of built spaces.

The implementation of passive strategies for solar control or mitigation is essential to prevent overheating and optimize luminous and thermal comfort, contributing to the energy efficiency of architectural spaces in warm climates and reducing dependence on mechanical air conditioning systems.

The result of this research aims to develop an experimental methodological framework for designing architectural solar control elements that help mitigate solar incidence and therefore contribute to thermal comfort in warm-climate architectural spaces, through a formal and material analysis of devices inspired by traditional strategies.

Regarding the methodology, an iterative experimental process was implemented combining: (1) historical analysis of solar control solutions; (2) formal and material exploration through prototypes in different materials (plaster, white cement, colored cement); (3) comparative visual and thermal evaluation using HOBO sensors.

Keywords: lattices, solar mitigation, thermal comfort, experimental design, warm climate, form, pre-Hispanic architecture.

INTRODUCCIÓN

La incidencia solar en la arquitectura representa un aspecto crucial para el diseño de espacios que aspiren tanto a la eficiencia energética como al confort ambiental. La luz solar, más allá de ser una fuente natural de iluminación, es un elemento dinámico que incide sobre las superficies arquitectónicas en diferentes ángulos y con distinta intensidad a lo largo del día y las estaciones, lo que condiciona el comportamiento térmico y lumínico del espacio interior.

En el contexto específico de Morelia, Michoacán, el control de la radiación solar presenta características diferenciadas de otras zonas mexicanas. Con un clima clasificado como semicálido-templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano, Morelia experimenta: (1) períodos de máxima insolación (abril-mayo) con temperaturas alcanzando desde los 29°C hasta los 35°C según los últimos registros¹, donde la mitigación solar es crítica²; (2) períodos de mínima insolación (enero-febrero) con temperaturas mínimas de 5°C, donde la captura de ganancia solar resulta deseable; (3) radiación solar anual de 3,371 horas distribuida irregularmente (10.93 h/día en abril vs. 7.42 h/día en enero).

Esta variabilidad estacional genera una demanda dual de control solar: selectivo en períodos cálidos (bloquear radiación directa), y permeable en períodos fríos (permitir ganancia pasiva). La incapacidad de gestionar adecuadamente la incidencia solar en Morelia genera: (1) variaciones de temperatura interior entre 3-8°C respecto a

¹ Servicio Meteorológico Nacional. (2021). *Normales climatológicas 1981–2010: Morelia, Michoacán*. Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx>

² Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2019). *Climograma estatal por mes (1985–2018): Michoacán*. INECC / CONAGUA. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica>

condiciones óptimas según estación;(2) disminución del confort térmico de usuarios, afectando productividad especialmente durante abril-mayo.

Uno de los elementos destacados, desde tiempos antiguos para la regulación de la incidencia solar son las celosías, pues funcionan como dispositivos de control solar que filtran luz y producen sombreados variables, regulando la entrada de radiación directa sin sacrificar ventilación ni visibilidad. Su diseño y patrón pueden responder a parámetros geométricos específicos que optimizan el desempeño según la latitud y orientación del edificio; estos elementos crean un puente entre la tradición y nuestra época actual.

En el contexto de la arquitectura tradicional mexicana, diversas culturas desarrollaron soluciones sofisticadas para el control climático en su contexto geográfico específico. Mientras que el estilo Puuc de la Península de Yucatán (800-1000 d.C.) respondía a un clima tropical cálido con mínimas variaciones estacionales, la arquitectura prehispánica en zonas de mayor altitud como Michoacán, donde se ubicaban complejos urbanos de culturas como purépechas y mexicas, desarrolló sistemas diferenciados.

Aunque menos documentados arqueológicamente que el Puuc, estos sistemas aprovechaban características como espaciamientos variables, orientaciones astral-calendáricas y materiales con inercia térmica para modular las ganancias solares según estación. El análisis de estas estrategias ancestrales, adaptadas a climas semicálidos como el de Morelia, ofrece inspiración para desarrollar soluciones contemporáneas que maximicen confort, sostenibilidad y calidad espacial.

Aunque esta investigación utiliza la arquitectura Puuc como referencia conceptual para informar el diseño de geometrías, el aporte fundamental no es Puuc específicamente,

sino una metodología experimental rigurosa que podría aplicarse a cualquier lenguaje formal que el diseñador elija. La elección de Puuc es una decisión conceptual propia basada en su riqueza geométrica, pero la validez del método no depende de este estilo en particular. Por lo tanto, los resultados generados aquí son transferibles a otros contextos estéticos y geográficos.

La presente investigación se propone responder a preguntas específicas derivadas del contexto moreliano:

¿Cómo pueden diseñarse elementos arquitectónicos de control solar que, mediante la exploración formal y material, logren reducciones medibles de la incidencia solar en período cálido (abril-mayo con objetivo $\geq 3^{\circ}\text{C}$ reducción de temperatura interior) mientras permitan ganancia solar pasiva en período frío (enero-febrero)? ¿Cuál es la relación específica entre forma, material y desempeño térmico en el contexto climático de Morelia?

Para ello, se desarrollará un proceso experimental iterativo realizado in situ en Morelia que no solo produzca objetos arquitectónicos, sino que genere conocimiento transferible sobre el desempeño estacional de elementos de control solar, así como la metodología de construcción de estos elementos.

Una pregunta legítima al leer esta investigación es: ¿por qué tomar el Puuc un estilo arquitectónico del trópico yucateco como referente formal para una celosía diseñada para el clima templado de Morelia? La respuesta no es geográfica sino metodológica. El estilo Puuc floreció en un contexto climático donde la radiación solar horizontal es intensa y prácticamente constante a lo largo del año.

Sus constructores respondieron a esa condición desarrollando un sistema de relieves, mascarones y frisos en mosaico de piedra que no solo eran ornamentales, sino que funcionaban como dispositivos activos de control lumínico: generaban sombra propia, modulaban la entrada de radiación directa y producían variaciones de temperatura en la superficie de la fachada. Es decir: la arquitectura Puuc ya había resuelto el problema del control solar mediante la forma.

Morelia no es Uxmal. El clima es distinto, la latitud es diferente y el contexto cultural es otro. Pero el principio que el Puuc demuestra que la forma arquitectónica puede ser un dispositivo de control solar eficaz, sin sistemas mecánicos es completamente transferible. La investigación mediante diseño propuesta por Frayling establece que lo que se aprende de un referente no es la forma en sí, sino el proceso generador. En este caso: analizar las condiciones climáticas del lugar, identificar los principios formales que las resuelven, destilarlos en una unidad mínima y fabricar esa unidad de manera replicable.

JUSTIFICACIÓN

Morelia registra 3,371 horas de radiación solar al año distribuidas de manera marcadamente irregular entre las estaciones: en abril y mayo —el período de máxima incidencia— la duración efectiva de luz solar alcanza hasta 10.93 horas diarias y las temperaturas en condición de exposición directa pueden llegar a los 35 °C, con ganancias de calor que elevan la temperatura interior entre 3 y 8 °C respecto a las condiciones óptimas de confort.

En enero y febrero, en cambio, la duración solar cae a 7.42 horas diarias y las temperaturas mínimas descienden hasta los 5 °C en las madrugadas. Esta dualidad es el punto de partida de la investigación: el clima de Morelia no exige un dispositivo que bloquee la radiación, sino uno que la regule de manera diferenciada según la estación.

La respuesta convencional a ese problema ha sido la instalación de sistemas mecánicos de climatización que consumen energía y generan dependencia tecnológica. Sin embargo, la arquitectura de distintas culturas y latitudes ha demostrado históricamente que la forma construida puede resolver el problema del control solar sin sistemas activos —y que lo puede resolver con precisión.

El estilo Puuc, desarrollado en el norte de la Península de Yucatán durante el período Clásico tardío, es uno de los ejemplos más elocuentes: sus frisos de mosaico de piedra, sus relieves escalonados y sus mascarones no son únicamente ornamentales. Funcionan como dispositivos activos de control lumínico que generan sombra propia, modulan la entrada de radiación directa y producen variaciones de temperatura en la superficie de la fachada. La arquitectura Puuc ya había resuelto el problema del control solar mediante la forma.

La pregunta que da origen a esta investigación es si ese principio —*que la forma arquitectónica puede ser un dispositivo de control solar eficaz, sin sistemas mecánicos*— es transferible a un contexto climático distinto. La respuesta no es geográfica sino metodológica: lo que el Puuc ofrece no es una forma que pueda trasladarse directamente a Morelia, sino un proceso generador que puede recorrerse de nuevo con las condiciones climáticas, los materiales y el contexto de otro sitio.

Esta distinción es fundamental. Si la investigación se hubiera limitado a replicar la forma Puuc, el resultado habría sido un ejercicio de cita histórica. Al extraer el principio y recalibrarlo para Morelia, la investigación produce conocimiento nuevo.

La justificación de esta investigación opera en tres niveles simultáneos que se refuerzan mutuamente.

En el nivel climático y ambiental, el desarrollo de dispositivos de control solar pasivo para el clima semicálido-templado de Morelia responde a una necesidad concreta del contexto arquitectónico local. La combinación de alta incidencia solar en primavera, bajas temperaturas en invierno y un sector de la construcción que resuelve ambas condiciones mayoritariamente con sistemas mecánicos de alto consumo energético crea una brecha entre la demanda climática del territorio y las soluciones que la arquitectura local ofrece.

Una celosía que regule la radiación de manera pasiva y selectiva según la estación no es un objeto de exploración formal: es una respuesta técnica a un problema real.

En el nivel metodológico, la investigación responde a una carencia en la forma en que el diseño arquitectónico se produce y se evalúa académicamente. La separación entre el proceso de diseño —que ocurre en el taller, con los materiales y las manos— y la

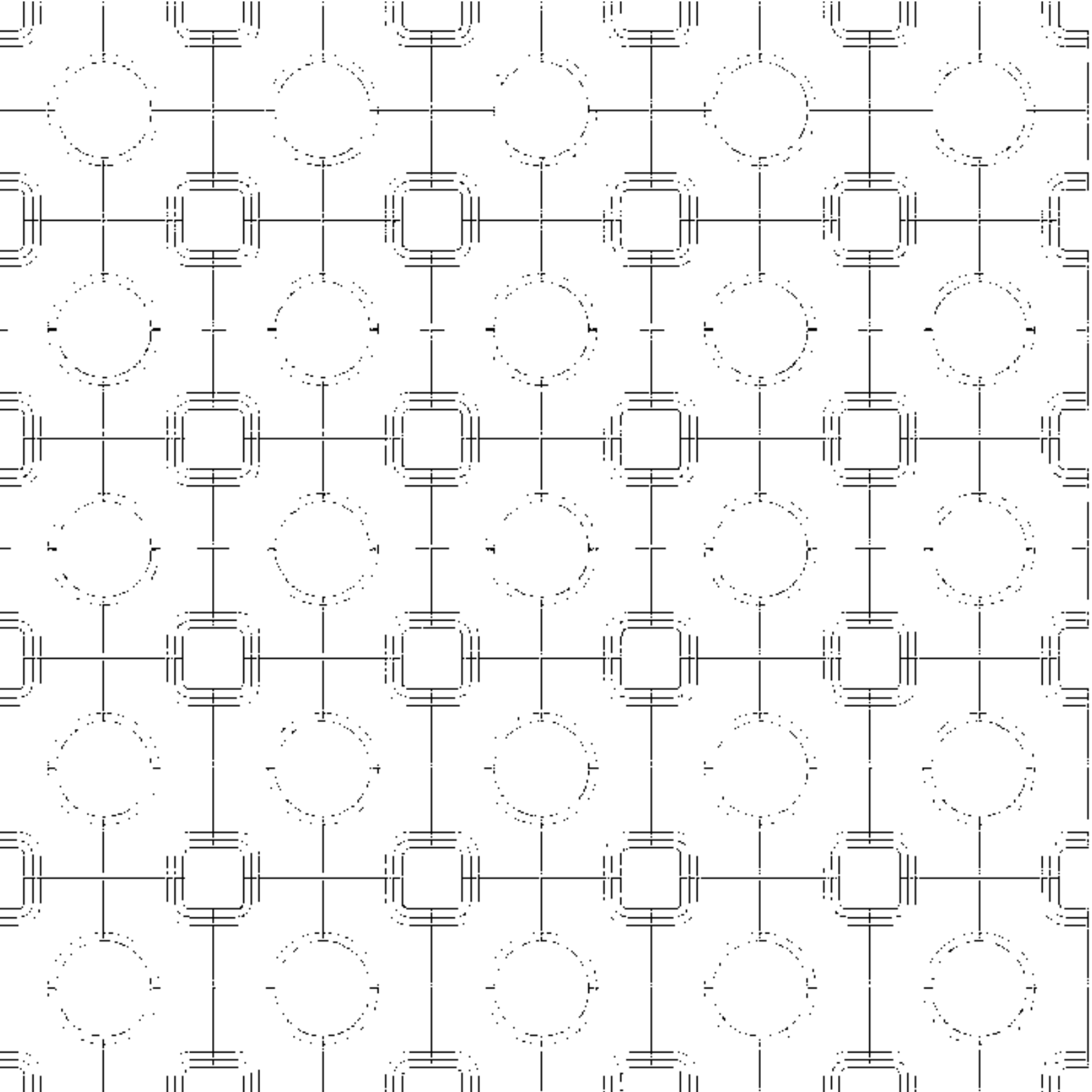
investigación formal —que ocurre en el texto, con teorías y referencias. Esta tesis propone y demuestra que es posible recorrer ambos caminos de manera simultánea: que el prototipo puede ser a la vez objeto arquitectónico y argumento de investigación, y que los datos que produce su proceso de fabricación son evidencia tan válida como la que produce cualquier otro método científico.

En el nivel cultural, la decisión de tomar el estilo Puuc como referente formal obedece a la constatación de que esa arquitectura ya había encontrado, mediante la observación del sol y el trabajo con la piedra, soluciones formales que la investigación contemporánea sobre control solar pasivo sigue buscando. Reconocer ese conocimiento acumulado es precisamente lo que permite que esta investigación no parta de cero, sino de un diálogo entre lo que ya fue resuelto y las condiciones específicas de un nuevo contexto.

El principio Puuc y el contexto moreliano se encuentran en el reconocimiento de que conceptos tan estudiados como la forma, la simetría o el ritmo no son exclusivos de la teoría occidental: son respuestas que cualquier sociedad desarrolla ante las necesidades concretas de su entorno. Lo que el Puuc demuestra es que el control solar no es un problema moderno con una solución moderna, sino un problema humano con soluciones que ya existen — y que merecen ser leídas.

El estilo Puuc no se propone aquí como el único referente posible dentro de la tradición prehispánica, sino como un punto de entrada: un ejemplo que permitió recorrer el proceso metodológico con rigor y que podría ser sustituido por cualquier otro sistema arquitectónico — prehispánico o de cualquier otra cultura — que haya respondido formalmente a las condiciones de su entorno.

La combinación de estos tres niveles define el lugar específico que esta investigación ocupa: no es un estudio de historia de la arquitectura prehispánica, ni un manual técnico de fabricación de celosías, ni un análisis climatológico de Morelia. Es la articulación de los tres —desde la metodología de la investigación mediante diseño— con el objetivo de producir conocimiento que sea simultáneamente transferible, replicable y anclado en las condiciones reales de un lugar y un clima específicos.



1.0 Marco conceptual

1.1 La incidencia solar

Se refiere a la cantidad y ángulo con el que los rayos solares impactan sobre una superficie terrestre o arquitectónica en un momento determinado. Este fenómeno depende de factores como la posición del sol en el cielo, la latitud, la orientación, la inclinación de la superficie y el momento del día o del año.

En arquitectura, la incidencia solar es fundamental porque determina cómo la radiación solar afecta las superficies de un edificio, influyendo en el calentamiento de paredes, techos y ventanas, por ende, en el confort térmico interior. Además, conocer y controlar la incidencia solar permite optimizar la entrada de luz natural, mejorar la iluminación interior y reducir el uso de energía artificial para calefacción, refrigeración y luz.³

La ausencia de confort térmico puede influir en el estado emocional en el usuario más de lo que pensamos, aparte de que puede causar deterioro en nuestra salud. El confort en la arquitectura puede proporcionar proactividad, seguridad, comodidad y descanso en sus usuarios. El confort térmico podríamos definirlo como la sensación de bienestar térmico, el equilibrio calorífico que logra el cuerpo en un medio ambiente dado, y que le permite desarrollar, sin dificultad ni molestia, cualquier actividad física o mental.⁴

En el libro "El mono desnudo" de Desmond Morris, contiene un capítulo llamado "Confort", en el que nos da una visión antropológica de lo que significa el confort para el ser humano.

3 Mendieta, E. F., & Pal-Melchor, M. (2002). *Energía Solar y Arquitectura*. Revista UNAM, Vol. 3 Número 2. Recuperado de <https://www.revista.unam.mx/vol.3/num1/art2/index.html>

4 Murillo Galvis, M., Calle Medina, J. S., Jaramillo Betancourt, S., Garavito Posada, M. A., & Parra Correa, E. (2023). *Impacto del cambio climático en el desempeño térmico de viviendas según su nivel de altura*. *Arquitectura y Urbanismo*, 44(1), 20–30.

Morris nos habla del concepto de cuidado; este se desarrolla de manera instintiva en los animales, el cuidado de su limpieza, por ejemplo, de manera individual y en el caso de muchos mamíferos, de manera colectiva. Esta actividad ha hecho que desarrollen un lenguaje corporal y de ruidos, el cual les ayuda a comunicarse de manera efectiva para lograr el aseo colectivo y esto también les ayuda a relacionarse de manera social en un grupo o manada. Si vemos esto con más profundidad, esta actividad de cuidado que parece simple, tiene un fin de supervivencia.

Además de los cuidados sobre la limpieza, la actitud general de comportamientos hacia actividades de cuidado, incluyen mantener una adecuada temperatura del cuerpo. Como las aves y los mamíferos, la evolución nos ha dado una temperatura elevada y constante así nuestro sistema fisiológico puede funcionar de manera adecuada. Si tenemos una buena salud, nuestra temperatura no varía más de un grado de forma interna, independientemente de la temperatura ambiente. Nuestra temperatura interna se conserva debido a nuestro ritmo cardíaco.⁵

Si la temperatura de nuestro medio ambiente es muy cálida o demasiado fría, experimentamos incomodidad. Las sensaciones desagradables producidas por estas variaciones de temperatura nos ponen en alerta, para evitar que nuestros órganos internos se enfríen o se calienten de manera perjudicial para nosotros. Al estar en esta situación, aparte de las reacciones voluntarias y racionales que podamos tener, nuestro cuerpo tiene respuestas automáticas como la vasodilatación; al sudar, nuestro cuerpo pierde calor a través de la piel.

5 Morris, D. (2015). *El mono desnudo*. Miguel Hidalgo, Ciudad de México: Penguin Random House Grupo Editorial.

Nuestro cuerpo posee aproximadamente dos millones de glándulas sudoríparas que en condiciones extremas de calor pueden llegar a producir hasta un litro de sudor por hora, ayudando al enfriamiento de nuestro cuerpo a través de la evaporación. Esto es de suma importancia porque nuestra temperatura interna no debe exceder más de dos grados centígrados para seguir manteniendo nuestro cuerpo sano.⁶

Si, por el contrario, en el medio ambiente hace mucho frío, nuestro cuerpo pone en marcha la vasoconstricción y los conocidos escalofríos, que son temblores que ayudan a aumentar la producción de calor estático. La vasoconstricción, que es el estrechamiento de nuestros vasos sanguíneos, si se prolonga por mucho tiempo expuesta a la temperatura baja, puede llegar a la congelación. Las personas que viven en climas fríos han desarrollado, mediante la adaptación, un ligero aumento del metabolismo basal, para ayudarlos a la supervivencia.

Al irnos extendiendo por el mundo se han sumado adelantos culturales que ayudan a nuestros mecanismos biológicos al control de la temperatura. Como son el fuego, la ropa y las viviendas aisladas, estas ayudan a combatir la pérdida de calor, y el aumento del mismo a través de la ventilación y la refrigeración. Aun así, todos estos adelantos no han hecho que la temperatura interna de nuestro cuerpo se haya alterado de forma biológica, solo nos ha ayudado a controlar la temperatura externa, pero seguimos conservando nuestra temperatura primitiva.⁷

El hombre es un ser homeotermo, es decir, que mantiene una temperatura interna prácticamente constante, con oscilaciones naturales dentro de unos límites estrechos. Las variaciones responden al ritmo cardíaco. Al lograr este estado de

6 Hall, J. E. (2021). *Tratado de fisiología médica* (14.ª ed.). Elsevier España.

7 Tortora, G. J., & Derrickson, B. H. (2014). *Principios de anatomía y fisiología* (14.ª ed.). Panamericana.

temperatura constante llamado homeotermia, mantiene las funciones metabólicas y enzimáticas, logrando mantener de manera eficiente la necesidad orgánica natural del funcionamiento óptimo de nuestro organismo. Este equilibrio se logra mediante la producción y eliminación perfecta del calor.

La piel y el tejido subcutáneo, que es la capa más profunda de la piel, se comportan como aislantes térmicos y ayudan a la regulación del calor entre el interior y el exterior. La diferencia de temperatura interna y externa puede ser muy diferente según las condiciones climáticas, las variaciones de la temperatura medioambiental y las variaciones de transferencia de calor entre una y otra. Se acepta como temperatura normal interna 37°C y la temperatura de la piel o externa se acepta una media de 33-34°C porque es la que determina en gran medida la capacidad de la piel para perder calor hacia el exterior.⁸

Cuando un organismo está en reposo y siente frío, aparecen los estremecimientos y temblores, conocidos comúnmente como escalofríos, estos pueden ayudar a quintuplicar la producción de calor a través de la actividad muscular. Pero en el caso del calor, el aporte viene de la exposición a la radiación solar, del contacto con objetos más calientes que nuestro organismo y de fuentes externas artificiales como pueden ser focos, chimeneas, aire acondicionado, etc.

Es importante recalcar que los niveles de temperatura en nuestro cuerpo determinan el funcionamiento óptimo de nuestro organismo; hemos dejado claro que nuestro organismo tiene la capacidad de autorregular su temperatura interna, pero al

8 Cordoba, A. (2003). *Fisiología Dinámica*. Barcelona: Masson.

estar expuesto a ciertas condiciones externas, el aumento o pérdida de calor varía y genera cambios en el funcionamiento de nuestro organismo.⁹

Existen tres factores fundamentales para la vida de nuestro organismo: la presión, el oxígeno y la temperatura. Aunque el calor es necesario para la vida, ya que internamente genera las reacciones químicas de nuestro cuerpo como es el metabolismo, sin embargo, el cuerpo debe perder la cantidad justa de calor, ya que, si guarda o pierde demasiado, podemos tener afectaciones en el funcionamiento de nuestro organismo.¹⁰

El hipotálamo es la parte de nuestro cerebro que asiste en las funciones de regulación del equilibrio hidroelectrolítico, las conductas alimentarias (hambre-saciedad), el ciclo del sueño- vigilia y el balance energético termorregulador. Frente a aumentos de temperatura, se estimula el área hipotalámica poniendo en marcha mecanismos para disipar el calor mediante una actividad nerviosa. Cuando esta zona se calienta, se desencadenan procesos de sudoración y vasodilatación, a su vez se inhiben mecanismos de producción de calor para lograr regular la temperatura en el cuerpo.¹¹

Los efectos del exceso de calor en el cuerpo son, por ejemplo, la fiebre, que comúnmente vemos como un síntoma de algún virus o bacteria, pero que también puede ser generada por un ambiente muy caluroso; otro de los efectos es el agotamiento por calor, que se debe a la exposición a radiación externa, y se manifiesta por mareo, debilidad, náuseas, cefalea o dolor de cabeza, irritabilidad, sensación de

9 Hall, J. E. (2021). *Tratado de fisiología médica* (14.ª ed.). Elsevier España.

10 McConnell, T. H. (2012). *El cuerpo humano, forma y función*. Dallas, Texas: The Point

11 Córdoba, A. (2003). *Fisiología Dinámica*. Barcelona: Masson.

sed y calambres musculares. A los 40°C aún se puede considerar agotamiento por calor, por encima de los 42°C ya se da el efecto de golpe de calor y en esta situación la termorregulación no se puede dar, por lo tanto, puede desaparecer la sudoración y si no se interviene, puede darse el fallecimiento.¹²

Todo lo anterior trata de explicar que en ambientes muy calurosos el sistema termorregulador natural del cuerpo humano deja de funcionar correctamente. En espacios arquitectónicos siempre o casi siempre se habla del confort térmico al momento de diseñar, pensando en la comodidad del usuario. Los arquitectos saben que la temperatura de un espacio va a influir de manera favorable o desfavorable en los usuarios. Si bien es cierto que no se encuentra información sobre que el diseño de los espacios genere afectaciones como fiebre y golpes de calor de manera directa, sí se puede percibir que algunos espacios generan agotamiento por calor, ya sea por la mala orientación, los materiales elegidos u otras características de la edificación o el lugar de la misma.

Los arquitectos se refieren al confort térmico como la sensación de conformidad o satisfacción con el ambiente térmico en el que se encuentra el usuario. Se puede decir que existe confort térmico cuando los usuarios no experimentan sensación de calor ni de frío, es decir, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables a la actividad que desarrollan en un espacio.

Algunos estudios realizados en lugares donde fundamentalmente se llevan a cabo trabajos sedentarios han arrojado que trabajar con una temperatura más alta de los valores regulares provoca disminución en el rendimiento laboral, pérdida de

12 Hall, J. E. (2021). *Tratado de fisiología médica* (14.ª ed.). Elsevier España.

concentración y aumento del número de errores; por lo tanto, existe relación entre ciertos tipos de accidentes y el ambiente térmico.¹³

Según la norma ISO 7730, que es un estándar internacional que establece los criterios para la evaluación de confort térmico en espacios interiores, estos están determinados por la temperatura, humedad relativa, velocidad y distribución del aire, así como la actividad metabólica y la ropa que llevan los usuarios.¹⁴ A estos factores se suma la influencia de los materiales constructivos y su configuración formal, ya que las propiedades térmicas de los materiales empleados en pisos, muros y cubiertas determinan en gran medida la capacidad de un espacio para absorber, retener o disipar el calor.

Así mismo la forma, el espesor y la porosidad y el acabado superficial de los materiales condicionan su comportamiento ante la radiación solar, la conductividad térmica y la ventilación natural, factores que en conjunto determinan si un espacio contribuye o no al bienestar térmico de sus ocupantes.

Según algunas normas como RITE (Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios) establecen que la temperatura óptima para un confort térmico en espacios arquitectónicos se encuentra entre 23°C y 25°C en verano y 21°C y 23°C en invierno. Aunque estos niveles de temperatura pueden variar dependiendo de la percepción de los individuos, el promedio oscila en estas cifras.¹⁵

13 García, Á. M. (s.f.). *Confort Térmico. España: Instituto de seguridad y salud laboral*. Hall, J. E. (2020). Guyton y Hall Tratado de Fisiología Medica. Elsevier.

14 Organización Internacional de Normalización. (2005). *ISO 7730: Ergonomía del ambiente térmico: Determinación analítica e interpretación del confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios locales de confort térmico*. ISO.

15 España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2007). *Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)*. Boletín Oficial del Estado, nº 207, 35931-36008.

Una de las principales condiciones que toman en cuenta los arquitectos al momento de proyectar es la orientación del terreno. No siempre se tienen las condiciones adecuadas para lograr el mejor funcionamiento de la edificación en términos de confort térmico. Se pueden dar muchas circunstancias que, la mayoría de las veces, no dependen del arquitecto. Por lo tanto, existen una gran cantidad de edificaciones de todo tipo, con problemas de confort térmico.

En resumen, la incidencia solar es el estudio del impacto y la interacción de la radiación solar sobre una superficie, aspecto crucial para diseñar edificaciones que aprovechen o protejan adecuadamente la energía del sol, logrando eficiencia energética y confort ambiental.

1.1.1 Iluminación natural

La luz del Sol es aquel elemento que nos permite definir todo lo que nos rodea: la cambiante percepción de las cosas o cuerpos sobre los que impacta y el espacio que los contiene. Pero no es sólo el medio universal que nos ilumina, y por ello descubre el mundo, sino que también nos conecta con el arte, la ciencia, la religión, la filosofía y, sin duda, con la arquitectura. Cualquier escena real la observamos en relación a una iluminación determinada, sino fuera así veríamos solo oscuridad. Por ello, la manera de iluminar condiciona el resultado final de la escena representada y, por tanto, nuestra percepción de la misma. Una obra de arte puede ser diseñada enteramente alrededor de la técnica de iluminación que utiliza.

La arquitectura es el primer arte plástico; la escultura y la pintura necesitan de la primera. La arquitectura es la ordenación de la luz; la escultura es el juego de la luz;

la pintura, la reproducción de la luz por el color, que es la descomposición de la luz.¹⁶ Como ya afirmaba Gaudí, junto con el color y la perspectiva, la luz es uno de los grandes pilares de toda obra pictórica.

La aparición de la luz en un cuadro es lo que permite la visión de los contornos, las texturas o el color de los objetos, con las variaciones de cada estilo y técnica pictórica empleada. A lo largo de la historia ha ido cambiando el uso de la luz en la pintura. Por ejemplo, durante la Edad Media no se empleaban efectos lumínicos de contrastes o luces direccionales.

Durante el Renacimiento los pintores intentaban asemejar sus obras lo más posible a la realidad. En el Barroco lo que se pretendía era resaltar la teatralidad de la escena, por eso los contrastes entre luces y sombras eran mucho más significativos. En esta época surgió el concepto de tenebrismo, o también denominado claroscuro, que consiste en incidir la luz de forma directa en los elementos creando efectos que potencien las luces y sombras que determinan una atmósfera llamando la atención del espectador.¹⁷

La luz ha sido símbolo de poder y religión, incluso en tiempos antiguos esto se manifestaba a través de la adoración de los cuerpos celestes como símbolos de divinidad. En la Edad Media surgió una corriente de pensamiento dentro de la filosofía estética denominada 'la estética de la luz', que se caracterizaba por relacionar la luz con la belleza divina. Ya la Biblia comienza con la frase «hágase la luz», añadiendo que «Dios vio que la luz era buena, y separó la luz de las tinieblas», lo que le otorga a 'buena' el significado de 'bello'. Por esta razón, este carácter simbólico se ve a menudo

16 Lam, W. M. C. (1977). *Perception and lighting as formgivers for architecture*. MIT Press.

17 Gombrich, E. H. (1995). *The story of art* (16th ed.). Phaidon Press.

acentuado en los edificios de índole religiosa, ya que la gran mayoría de divinidades han tenido algún tipo de vínculo con la luz del sol.¹⁸

Al igual que en las demás artes, las diferentes maneras de hacer que la luz natural intervenga en la configuración de un espacio arquitectónico han ido evolucionando a lo largo del tiempo de acuerdo a los diferentes estilos artísticos que se han producido. Desde el complejo cósmico de Stonehenge, donde se adoraba la luz y la percepción astronómica en los tiempos antiguos, pasando por la luz precisa de la arquitectura clásica griega, la luz divina de los espacios dedicados a la liturgia romana, la luz protectora que inclina a la gente a la meditación en la arquitectura románica, la luz sobrenatural a través de las vidrieras en la arquitectura gótica, la luz humanizada del Renacimiento, la luz sublime del periodo Barroco, hasta la luz penetrante por medio de cerramientos de vidrio en la arquitectura contemporánea.

Durante toda esta evolución histórica la arquitectura y la luz se han convertido en conceptos interdependientes, tanto que reconocidos arquitectos han basado sus formas de trabajo en esta profunda relación, como Le Corbusier, que afirmó:

*La arquitectura es el magistral, correcto y magnífico juego de masas reunidos bajo la luz. Nuestros ojos están hechos para ver las formas en la luz, la luz y la sombra revelan estas formas, cubos, conos, esferas, cilindros o pirámides son las grandes formas primarias que la luz revela.*¹⁹ Le Corbusier

Esta relación entre luz y arquitectura ocurre inevitablemente, a veces consciente y otras inconscientemente. La luz natural es un elemento que no puede ser eliminado

18 Eco, U. (1986). *Arte y belleza en la estética medieval*. Lumen.

19 Le Corbusier. (2007). *Hacia una arquitectura* (A. de la Cruz, Trad.; obra original publicada en 1923). Apóstrofe.

de la arquitectura, incluso los espacios más en sombra tienen una gran relación con la luz, ya que se producen por contraste con ella. En el libro *Made of Light: the Art of Light and Architecture*, se afirma que todos los materiales de la naturaleza, ya sean las montañas, los árboles o incluso nosotros, estamos hechos de luz, ya que la masa o materia que nos constituye proyecta una sombra, y esta sombra pertenece a la propia luz.²⁰

Un espacio completamente en penumbra sin ninguna entrada de luz ¿se puede considerar realmente un espacio? Según decía Louis I. Kahn en *Light is the Theme*: «Ningún espacio, arquitectónicamente, es un espacio sin luz natural. Así que la respuesta a la pregunta que se planteaba hace unos instantes es NO, dado que en una cueva sin luz no se puede tener la percepción de las dimensiones, el volumen, los suelos, las paredes, los techos, los materiales o las profundidades.²¹

Con la Revolución Industrial, nació la necesidad de altos niveles de luz en edificios y fábricas. Con la aparición de la iluminación artificial a partir de electricidad, se abandona parcialmente la importancia de la luz natural y poco a poco se comienza a priorizar el uso de la artificial, provocando así el aumento del consumo energético. Con la crisis energética de los años 70 y 80, se rescató de nuevo el uso de la luz natural para la iluminación de edificios.²²

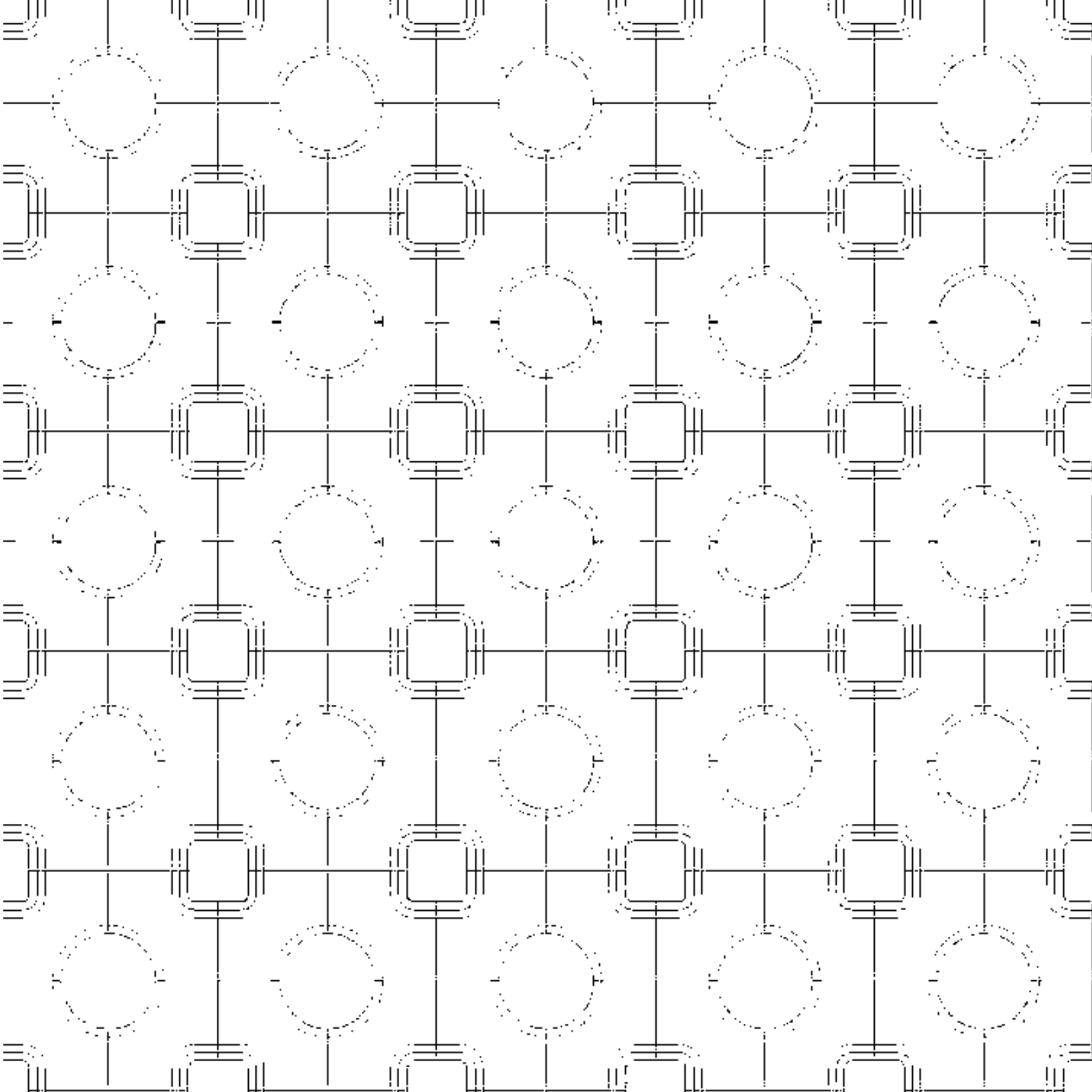
En la actualidad, el uso de la luz natural vuelve a convertirse en un factor clave impulsado hacia un diseño energético eficiente y consciente. Es conocido que, frente a una necesidad de luz para la realización de una tarea visual, el usuario prefiere

20 Major, M., Speirs, J., & Tischhauser, A. (2005). *Made of light: The art of light and architecture*. Birkhäuser Verlag.

21 Kahn, L. I. (1981). *Light is the theme*. North Carolina State University, School of Design.

22 Boyce, P. R. (2014). *Human factors in lighting* (3rd ed.). CRC Press

iluminación natural frente a la artificial o eléctrica. Además, hay evidencias de que el acceso a ventanas en los edificios y por tanto a la luz natural, afecta a la motivación y productividad del ser humano reduciendo la fatiga y el estrés.



1.2 Antecedentes

1.2.1 Dispositivos Bioclimáticos

La utilización de dispositivos bioclimáticos evoca desde nuestra simple acción de buscar sombra debajo de un árbol para evitar la radiación directa del sol y sentir la frescura, esto ha llevado a los arquitectos a la búsqueda de diversas alternativas para implementar en edificaciones logrando el mismo resultado que siente una persona al estar bajo la sombra de un árbol.²³

Desde la época del hombre primitivo ya se busca la mejor orientación de las cuevas o refugios que se construían, esto se lograba a través de la observación de la posición del sol en diferentes horas del día y de las diferentes temporadas del año. Así se fueron implementando dispositivos o elementos que brindaban la protección ante la radiación solar, como lo son: Aleros, toldos, celosías, paneles, elementos fijos y móviles. Fueron usados y desarrollados a lo largo de la historia como sistemas de control de la incidencia solar en las diversas regiones del mundo, de acuerdo a sus condiciones climatológicas particulares.

En la Roma clásica se utilizaron los lonarios tensados para cubrir grandes áreas de la incidencia solar, como fue el caso del coliseo. En la antigua China y Japón se implementaron grandes aleros y grandes circulaciones porticadas en respuesta a climatológicas, al interior de sus espacios utilizaron muros y celosías móviles a base de madera y papel de arroz. En el caso de Medio oriente e India las celosías se concibieron como un elemento fijo para control visual y control solar.

23 Rodríguez Viqueira, M., Figueroa Castrejón, A., Fuentes Freixanet, V., & Castorena Espinosa, G. (2001). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. Editorial Limusa / Universidad Autónoma Metropolitana.



Imagen 1 Celosía Kumiko Japonesa, <https://stockcake.com/>

1.2.2 Celosías

Las celosías, como elemento arquitectónico para el control de luz y radiación, tienen una trayectoria milenaria que se remonta a culturas antiguas del Mediterráneo, Oriente Medio y Asia. Sin embargo, su consolidación como estrategia deliberada de gestión térmica se desarrolló plenamente en contextos climáticos cálidos donde la protección solar y la ventilación natural resultaban imprescindibles para la habitabilidad.

Las celosías son elementos arquitectónicos compuestos por un enrejado o tablero calado que se coloca en ventanas, balcones u otros vanos, permitiendo la

entrada de luz y aire, manteniendo la privacidad al impedir la vista directa desde el exterior. Están hechas comúnmente de materiales como madera, metal, piedra, barro o plástico, y pueden tener múltiples formas y diseños según su función y estética.

Funcionalmente, las celosías filtran la luz solar, generando sombra y controlando la temperatura interior, además de favorecer la ventilación natural, lo que contribuye al confort térmico en climas cálidos o templados. Aportan privacidad sin cerrar completamente el espacio, y también funcionan como elementos decorativos que aportan identidad y distinción arquitectónica.

Históricamente, su uso se remonta a civilizaciones antiguas como Egipto y se popularizó en la arquitectura islámica (mashrabiya), siendo un recurso tradicional para controlar privacidad, luz y ventilación.

Las celosías constituyen uno de los elementos arquitectónicos más antiguos y funcionales, cuya historia se remonta a las civilizaciones pioneras del mundo como Egipto, Grecia y Roma. En el Antiguo Egipto, las celosías se empleaban para proteger los espacios interiores del intenso sol desértico, permitiendo al mismo tiempo la circulación de aire fresco, lo que garantizaba un ambiente más confortable ante condiciones climáticas extremas. En Grecia y Roma, las celosías evolucionaron integrando materiales como madera tallada, piedra y bronce, convirtiéndose tanto en elementos decorativos como funcionales que modulaban la luz solar y la ventilación de templos y viviendas, reflejando además un interés por la geometría y la estética.²⁴

24 Historia de las celosías: Origen y usos. Junio 2024

Durante la Edad Media y el Renacimiento, las celosías adoptaron nuevas formas y significados. En Europa, fueron empleadas con gran detalle en castillos y catedrales góticas, donde su diseño se hizo más intrincado, integrándose en rosetones y ventanales, cumpliendo funciones no solo funcionales, sino también simbólicas y decorativas. La madera continuó siendo el material predominante, con elaborados trabajos que evidencian la habilidad artesanal de la época. Paralelamente, en otras regiones como China y Persia se desarrollaron celosías cerámicas o de piedra con patrones geométricos complejos, que actuaban como filtros lumínicos y ventiladores pasivos, enriqueciendo al mismo tiempo la dimensión estética y espiritual de los espacios arquitectónicos.

La arquitectura, como manifestación material de las necesidades humanas, ha desarrollado elementos que no solo responden a exigencias funcionales, sino también simbólicas y estéticas. En este contexto, las celosías emergen como dispositivos que median entre el interior y el exterior, entre la visibilidad y el resguardo, entre el vacío y la forma. Su estudio permite comprender cómo la arquitectura articula aspectos culturales, climáticos y tecnológicos en diferentes épocas y regiones del mundo.²⁵

Uno de los desarrollos más sofisticados tuvo lugar en el contexto de la arquitectura islámica medieval, donde se consolidó el uso del mashrabiya: una celosía de madera tallada, ubicada generalmente en balcones cerrados o ventanas, que permitía observar el exterior sin ser visto.

25 Knapp, R. G. (2005). *Chinese houses: The architectural heritage of a nation*. Tuttle Publishing.

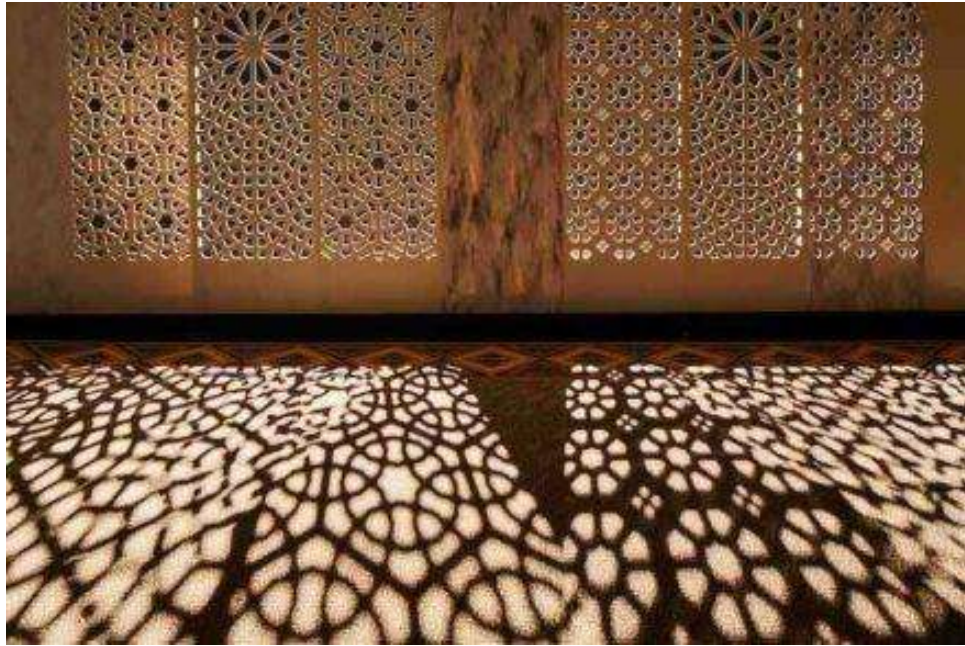


Imagen 2 Peter Becker 2017 Revista Stone-Ideas.com

Además de su función social relacionada con la separación de género, el mashrabiya cumplía un rol climático fundamental en regiones áridas, generando sombra y facilitando la ventilación natural. En la India, las celosías en piedra tallada, conocidas como jalis, adquirieron gran relevancia estética y funcional, en especial durante el Imperio mogol. Estas celosías eran trabajadas con tal detalle que combinaban arte escultórico con estrategias de control térmico pasivo, permitiendo el paso de brisas y la filtración de la luz solar en espacios como palacios y mausoleos.

En la arquitectura vernácula mediterránea y del sur de Europa, especialmente en España, las celosías también fueron integradas a patios y fachadas, influidas por la

herencia islámica. Con el tiempo, estas estructuras se adoptaron en edificaciones religiosas, civiles y domésticas, destacando por su función ornamental.²⁶ En la arquitectura mexicana, las celosías adquirieron una importancia singular, fusionando tradiciones indígenas con influencias españolas y árabes. Las civilizaciones prehispánicas ya utilizaban elementos similares para favorecer la ventilación natural y el control solar en climas cálidos, desarrollando dispositivos que filtraban la luz y permitían la circulación del aire como respuesta a las condiciones climáticas de cada región.

La llegada de los colonizadores introdujo nuevas técnicas y estilos, particularmente aquellos inspirados en la arquitectura mediterránea y morisca, caracterizados por celosías ornamentales que proporcionaban sombra y mantenían la privacidad sin obstruir la circulación del aire. Esta fusión de tradiciones dio lugar a una expresión arquitectónica híbrida, donde lo funcional y lo simbólico coexisten en un mismo elemento. En regiones como Yucatán y Veracruz, las celosías se volvieron un recurso habitual, fabricadas en madera y barro, adaptadas al clima cálido y húmedo de estas zonas.²⁷

En síntesis, las celosías han recorrido un largo camino como dispositivos arquitectónicos esenciales, combinando funcionalidad, arte y tradición en distintas culturas y períodos históricos. Aunque Morelia no es un clima tropical como aquellos donde surgieron históricamente las celosías (Mediterráneo, Oriente Medio), la investigación contemporánea en climas de altitud similar ha demostrado que celosías

26 Fernández-Puertas, A. (1997). *The Alhambra: From the ninth century to Yusuf I (1354)*. Saqi Books.

27 González Lobo, C., & Tovar, R. (2012). *Arquitectura popular mexicana: Territorio, cultura y hábitat*. Universidad Nacional Autónoma de México.

adaptadas a régimen estacional pueden funcionar de manera análoga a su contexto histórico.

La clave reside en que la radiación solar horizontal en Morelia, durante abril-mayo genera ganancias térmicas comparables a los de ciudades ubicadas en zonas tropicales de menor altitud. Esto justifica la búsqueda e implementación de soluciones arquitectónicas que históricamente han demostrado ser eficaces para controlar la incidencia solar en climas cálidos.



Imagen 3 Archi expo connect, Abiya Mashrabiya 2025

1.2.3 Clasificación de celosías por material, forma y patrón geométrico.

Las celosías pueden ser clasificadas según los materiales con los cuales se fabrican, lo que también incide en sus propiedades físicas y estéticas:

- Madera: Tradicionalmente empleada en contextos islámicos y asiáticos; fácil de tallar, pero vulnerable a la humedad.
- Piedra: Propia de construcciones monumentales; duradera y con alta inercia térmica.
- Metal: Utilizado en la arquitectura moderna por su resistencia, maleabilidad y capacidad estructural.
- Concreto prefabricado: Ampliamente utilizado en el siglo XX, especialmente en América Latina, por su durabilidad y bajo costo.
- PVC y materiales compuestos: Materiales contemporáneos ligeros, resistentes y fáciles de mantener.
- Vidrio serigrafiado o perforado: Empleado en la arquitectura de alta tecnología.²⁸

Las celosías pueden clasificarse según su configuración forma y el patrón geométrico que las define, ya que es precisamente la forma la que determina su comportamiento frente a la incidencia solar, la ventilación y la percepción visual del espacio.

- Celosías de patrón ortogonal o reticular. Son aquellas formadas por líneas rectas que se cruzan en ángulos de 90 grados, generando una cuadrícula regular. Su geometría simple permite un control uniforme de la luz solar y una ventilación homogénea. Son frecuentes en la arquitectura contemporánea por su facilidad de fabricación y modulación.
- Celosías de patrón diagonal o romboidal. Se componen de elementos dispuestos en ángulos oblicuos que forman rombos o triángulos. Esta configuración genera sombras más dinámicas que las ortogonales y responde de manera diferente

²⁸ Fernández, R., & Navarro, J. (2014). *Manual de diseño bioclimático en arquitectura*. Universidad Politécnica de Madrid.

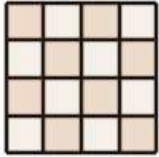
según la orientación de la fachada, siendo más eficaces en fachadas orientadas al este y al oeste.

- Celosías de patrón hexagonal o radial. Inspiradas en formas orgánicas como el panal de abeja, estas celosías distribuyen la carga estructural de manera eficiente y generan patrones de sombra más complejos. Son frecuentes en arquitectura contemporánea de inspiración biológica y en reinterpretaciones de la mashrabiya islámica.
- Celosías de patrón geométrico complejo o fractal. Son aquellas cuya composición combina múltiples figuras geométricas, como triángulos, hexágonos y rombos, en un sistema de mayor complejidad visual. Este tipo de celosía maximiza la variedad de sombras proyectadas y su potencial estético, siendo comunes en arquitectura de autor y en fachadas de edificios culturales o institucionales.
- Celosías de patrón orgánico o irregular. A diferencia de las anteriores, no responden a una geometría estrictamente regular. Sus formas están inspiradas en elementos naturales como hojas, ramas o texturas rocosas. Aunque su control solar es menos predecible, generan espacialidades de gran riqueza perceptual.
- Celosías de patrón calado escalonado o en relieve. Son aquellas en las que la profundidad del elemento varía a lo largo de la superficie, creando una composición tridimensional que modifica el comportamiento de la luz según el ángulo de incidencia solar.²⁹

²⁹ Fernández, R., & Navarro, J. (2014). *Manual de diseño bioclimático en arquitectura*. Universidad Politécnica de Madrid.

Celosías por Forma y Patrón Geométrico

01



Ortogonal o Reticular

Líneas rectas cruzadas a 90°. Control uniforme de luz y ventilación homogénea.

REGULAR · SIMÉTRICO

02



Diagonal o Romboidal

Elementos en ángulo oblicuo. Sombras dinámicas según orientación de fachada.

OBLICUO · DINÁMICO

03



Hexagonal o Radial

Inspirado en el panal de abeja. Distribución estructural eficiente y sombras complejas.

ORGÁNICO · EFICIENTE

04



Geométrico Complejo o Fractal

Combinación de múltiples figuras. Máxima variedad de sombras y alto potencial estético.

COMPLEJO · SINGULAR

05



Orgánico o Irregular

Formas inspiradas en la naturaleza. Gran riqueza perceptual con control solar variable.

NATURAL · LIBRE

06



Calado Escalonado en Relieve

Profundidad variable que modifica la luz según el ángulo solar.

TRIDIMENSIONAL · RELIEVE

Desde un enfoque funcional, las celosías pueden cumplir diversos roles:

- Protección solar: Regulan la radiación solar directa, reduciendo el sobrecalentamiento interior.
- Ventilación pasiva: Favorecen el intercambio térmico y la ventilación cruzada.
- Privacidad visual: Permiten la contemplación del exterior sin exposición directa desde el exterior.
- Elemento de identidad cultural: Reflejan códigos estéticos, simbólicos o religiosos.
- Organización espacial: Actúan como divisores de ambientes sin generar compartimentaciones rígidas.³⁰

En el marco de una arquitectura sostenible, las celosías han resurgido como dispositivos pasivos de control ambiental. Arquitectos reconocen que, en climas cálidos o tropicales, estas estructuras pueden reducir significativamente el consumo energético al limitar la carga térmica solar y promover ventilación natural.

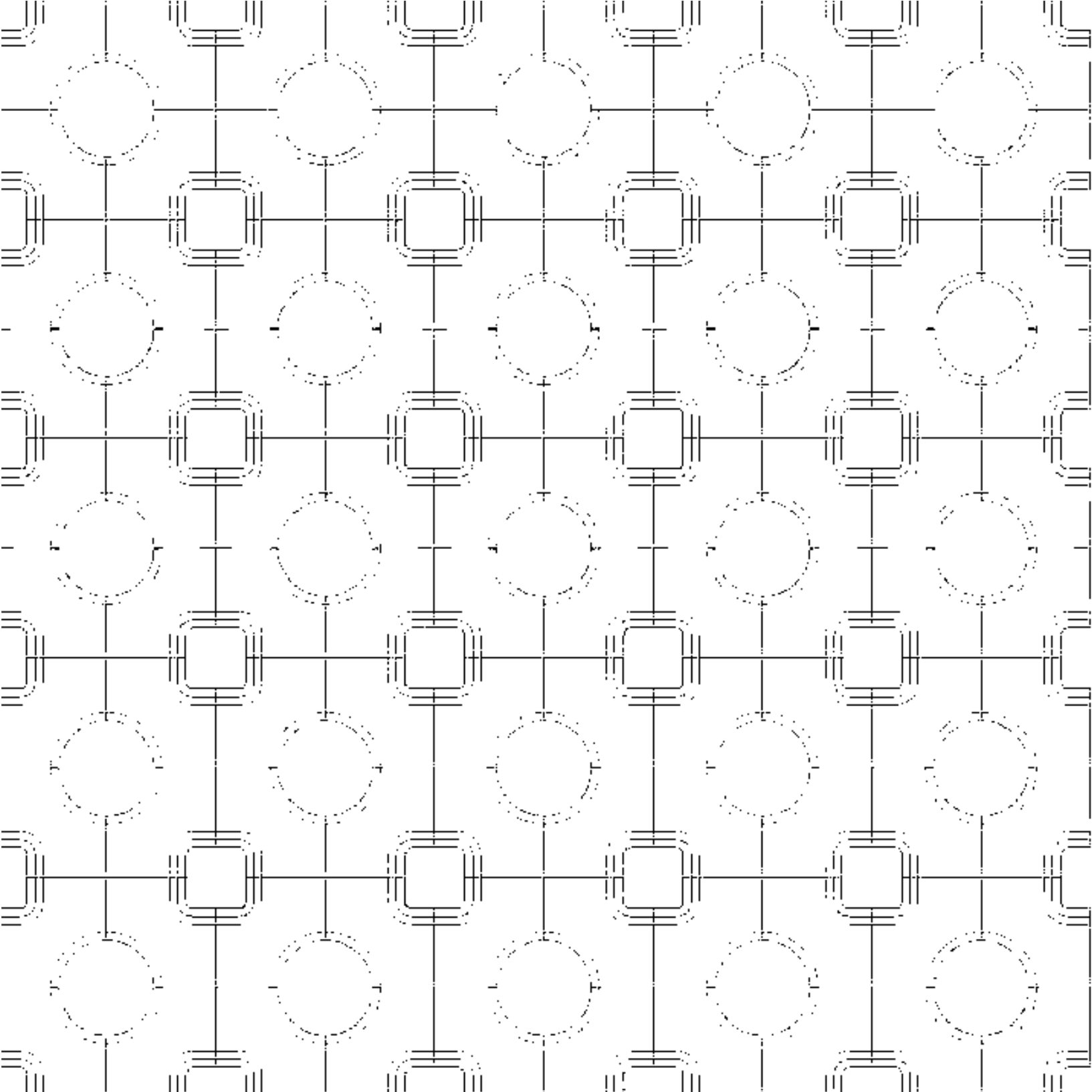
El análisis de las celosías revela su carácter híbrido entre tecnología, arte y cultura. Lejos de ser un recurso exclusivamente decorativo, constituyen una respuesta ancestral a problemáticas que hoy vuelven a ser centrales, como la eficiencia energética, el confort térmico y la adaptabilidad climática. Su inclusión en la arquitectura contemporánea no solo responde a una búsqueda estética, sino a la necesidad de incorporar estrategias pasivas ante la crisis ambiental global.

30 Fernández, R., & Navarro, J. (2014). *Manual de diseño bioclimático en arquitectura*. Universidad Politécnica de Madrid.

Las celosías, como dispositivos arquitectónicos de mediación entre el espacio interior y el exterior, han tenido una evolución notable a lo largo de la historia. Desde sus orígenes en las culturas islámica, india y mediterránea hasta sus reinterpretaciones en la arquitectura del siglo XXI, han demostrado ser herramientas versátiles y eficaces tanto desde un punto de vista funcional como simbólico.

La integración de tecnologías digitales y criterios bioclimáticos ha ampliado sus posibilidades, posicionándolas como un elemento clave en la arquitectura contemporánea que aspira a ser más sostenible, sensible al contexto y culturalmente arraigada.³¹

31 De la Cruz, J., & Hernández, R. (2019). *Arquitectura bioclimática: Estrategias pasivas para el confort térmico y la eficiencia energética*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).



1.3 Marco teórico: forma y referente Puuc

1.3.1 Estilo Puuc como referente cultural y formal

El estilo Puuc representa uno de los referentes formales y climáticos más relevantes dentro de la arquitectura prehispánica mexicana, y su estudio resulta pertinente en esta investigación por dos razones fundamentales: su sofisticado sistema de control de la incidencia solar y su aportación al concepto de forma arquitectónica como lenguaje visual y simbólico.

Este estilo arquitectónico, es distintivo de la civilización maya que floreció durante el Período Clásico tardío, aproximadamente entre el 600 y 900 d. C. esta región de en la península de Yucatán se extiende desde Maxcanú, hasta el sur de Peto y parte de Campeche, y comprende ciudades importantes como Uxmal, Kabáh, Sayil y Labná.³²

Su relevancia para la teoría de la forma radica en la manera en que integra estructura, geometría, luz, materialidad y simbolismo en un sistema formal altamente coherente que responde simultáneamente a necesidades funcionales, climáticas y rituales. El término Puuc en maya yucateco significa “cerro”, “colina” o “cordillera de cerros bajos”. Se refiere tanto a esta región geográfica como al estilo arquitectónico característico que floreció en este territorio durante el período Clásico de la civilización maya. Forma parte fundamental del legado de los mayas en la península de Yucatán. La transición de la arquitectura anterior al período clásico, a la del estilo puuc, está bien reflejada en Oxkintok. Al sur de la zona Puuc se encuentra este estilo en Edzná y, al este, en Chichén Itzá, ya fuera de la llamada zona Puuc.

32 Andrews, G. F. (1999). *Arquitectura Puuc: El estilo arquitectónico de la región Puuc en Yucatán*. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

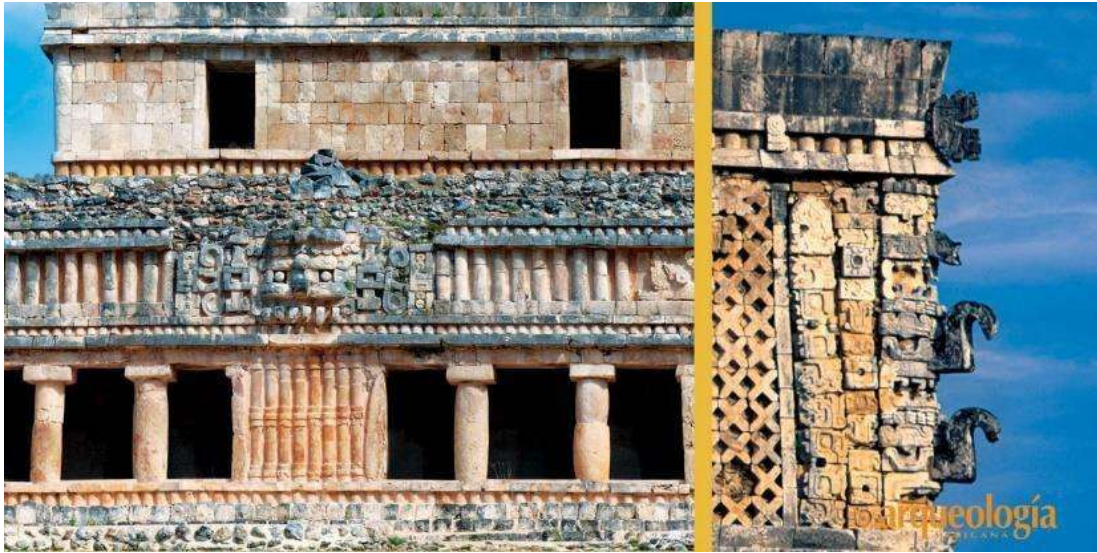


Imagen 5 Izquierda: El Gran Palacio. Sayil, Yucatán. Foto: Enrique Vela / Raíces. Derecha: Edificio Oriente, Cuadrángulo de las Monjas. Uxmal, Yucatán. Foto: Guillermo Aldana / RAÍCES.

Los atributos que distinguen al estilo Puuc son de tipo arquitectónico, constructivo y decorativo. Entre los constructivos se encuentran paredes y bóvedas de mampostería con revestimiento de piedra casi cuadradas y finamente talladas. El núcleo de piedra y argamasa que conforma las paredes y las bóvedas permite que los sillares puedan quitarse sin causar un defecto estructural. La ornamentación de los edificios Puuc se concentra por lo común en la parte superior de la fachada. En su elaboración se utilizó la técnica conocida como mosaico de piedra, en la que se tallan previamente los elementos decorativos.

Las formas de los motivos son principalmente geométricas, como las columnas remetidas, sencillas o con ataduras, así como las bandas cruzadas y las piedras

dentadas conocidas como chimez.³³ Es importante precisar que estos elementos del estilo Puuc constituyen relieves decorativos sólidos en mosaico de piedra, y no perforaciones funcionales destinadas a la ventilación. Su denominación responde a su patrón visual, no a una función de filtrado de aire.

Sin embargo, la relevancia del estilo Puuc en el contexto de esta investigación no radica en la existencia de celosías funcionales, sino en la manera en que sus recursos formales y constructivos constituyen un sistema integral de mitigación de la incidencia solar. Los edificios Puuc están orientados estratégicamente para capturar la luz del amanecer en ciertos accesos, generar sombras largas al atardecer y reforzar la geometría rítmica de sus frisos durante los equinoccios y solsticios.³⁴

La profundidad y densidad de los relieves en mosaico generan patrones de luz y sombra que modulan la percepción térmica y lumínica del espacio, convirtiendo la forma arquitectónica en un dispositivo activo de control solar. En este sentido, la arquitectura Puuc anticipa principios que hoy son centrales en el diseño bioclimático: la forma como regulador de la incidencia solar, la sombra como componente del confort térmico y el ornamento como estrategia climática.

Su estudio en esta tesis se justifica entonces como un antecedente prehispánico mexicano que demuestra que el control solar mediante la forma arquitectónica no es una innovación contemporánea, sino una práctica ancestral profundamente arraigada en nuestra cultura.

33 Vela, E. (2015, octubre). *El estilo Puuc*. *Arqueología Mexicana* (especial 64). <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/el-estilo-puuc>

34 Pollock, H. E. D. (1980). *The Puuc: An architectural survey of the hill country of Yucatan and Northern Campeche, Mexico* (Memorias del Museo Peabody, Vol. 19). Harvard University, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology.

Existen dos estilos básicos; el Puuc Temprano y el Puuc Tardío. Los edificios de los estilos tempranos tienen, por lo general, paredes de bloques burdamente cincelados, arcos falsos y cresterías formadas por bloques de piedra. Las superficies burdas de paredes, bóvedas y cresterías se aplanaban con gruesas capas de estuco, usadas también para hacer relieves: son comunes las puertas múltiples formadas por columnas redondas con capiteles cuadrados.³⁵

En el Puuc Tardío se usaba concreto revestido en muros y bóvedas, y éstas se recubrían con piedras de cantos cuidadosamente labrados. Aunque los paramentos inferiores rara vez se decoraron, los superiores tuvieron elaboradas esculturas geométricas tipo mosaico, incluyendo mascarones narigudas sobre las puertas y en las esquinas, como en Uxmal. Son más frecuentes las grandes edificaciones con muchos cuartos.³⁶

Uno de los aspectos más sofisticados del estilo arquitectónico Puuc es su profundo entendimiento de la incidencia solar y el desarrollo de estrategias avanzadas de mitigación solar, las cuales no solo responden a condiciones climáticas extremas, sino que constituyen un lenguaje arquitectónico y simbólico en sí mismas. Para los mayas, la luz y la sombra fueron agentes fundamentales en la creación de espacialidades sensibles, pero también fueron elementos espirituales que expresaban la relación entre el mundo terrenal, el cosmos y lo divino.

35 Vela, E. (2015, Octubre). *El estilo Puuc. Arqueología Mexicana* (especial 64). <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/el-estilo-puuc>

36 Uxmal y el Puuc, Catálogo Visual. 2007 arqueología mexicana.

Los Dos Estilos del Puuc

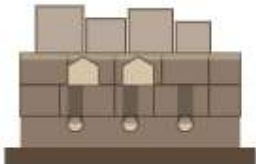
PRIMER PERÍODO Puuc Temprano ca. 600 – 750 d.C.	COMPARATIVO	SEGUNDO PERÍODO Puuc Tardío ca. 750 – 1000 d.C.
	vs	
MUROS  Bloques burdamente cincelados con superficies irregulares cubiertas de estuco grueso	↓	MUROS  Concreto revestido con sillares cuidadosamente labrados; paramentos inferiores lisos sin decoración
ARCOS  Arcos falsos como sistema estructural característico del período temprano	↓	FRISOS  Elaboradas esculturas geométricas tipo mosaico en la parte superior de las fachadas
CRESTERÍAS  Formadas por bloques de piedra apilados de forma irregular sobre el edificio	↓	MASCARONES  Mascarones narigudos de Chaac sobre las puertas y en las esquinas de los edificios
PUERTAS  Puertas múltiples con columnas redondas y capiteles cuadrados	↓	VANOS  Grandes edificaciones con múltiples cuartos y vanos amplios sin columnas intermedias
ACABADO  Gruesas capas de estuco aplicadas sobre bóvedas, paredes y cresterías para alisar superficies y modelar relieves		CORNISAS  Cornisas planas y dobles que rematan los frisos superiores con precisión geométrica

Imagen 6 Características Estilo Puuc.



Imagen 7 Arco de Labná. Labná, Yucatán. Foto: Guillermo Aldana / Raíces.

En el contexto del estilo Puuc que floreció entre los siglos VII y X d.C. esta integración entre técnica, forma y significado alcanza uno de sus puntos más culminantes dentro de la arquitectura mesoamericana. En la arquitectura Puuc, la luz se concibe como un material constructivo, mientras que la mitigación solar funciona como el conjunto de estrategias destinadas a regular, filtrar y transformar la incidencia lumínica para:

- mejorar el confort térmico,
- garantizar habitabilidad en un clima caluroso,
- producir efectos visuales que enriquecen la percepción arquitectónica.³⁷

37 Foncerrada de Molina, M. (2012). La arquitectura Puuc dentro de los estilos de Yucatán. Estudios de Cultura Maya, 2.

El estilo Puuc basa su estética en una dialéctica entre superficies lisas y relieves complejos. Esta organización responde directamente a un entendimiento avanzado de la luz, la mitigación solar se convierte en parte de la expresión visual: la luz filtrada o interrumpida por los relieves crea patrones móviles que revelan la arquitectura como un organismo que responde al paso del tiempo y al movimiento cósmico.

En la teoría contemporánea de la forma, este fenómeno corresponde a una materialización lumínica, donde la forma y la luz son inseparables.

Para los mayas, la luz no era únicamente un elemento funcional. Su significado estaba vinculado a:

- La creación del mundo,
- Las acciones de los dioses solares,
- La fertilidad de la tierra,
- La organización del tiempo sagrado.

En el estilo Puuc, la mitigación solar incorpora esta dimensión espiritual, ya que controlar la luz equivalía a ordenar ritualmente la relación del edificio con el cosmos.³⁸

Los edificios Puuc están orientados para:

- capturar la luz del amanecer en ciertos accesos,
- generar sombras largas al atardecer,
- reforzar la geometría rítmica de los frisos en los equinoccios y solsticios.

Esto convierte la arquitectura en una superficie que registra el movimiento del sol, estableciendo una conexión ritual entre lo humano y lo astral.

38 Pollock, H. E. D. (1980). *The Puuc: An Architectural Survey of the Hill Country of Yucatán and Northern Campeche, Mexico*. Peabody Museum Press.

La mitigación solar se transforma así en un acto simbólico: regular la luz es participar del orden cósmico.

En la cosmovisión maya, la sombra representa un umbral entre lo visible y lo invisible, entre el mundo humano y el espiritual. Los relieves Puuc, al aumentar la densidad y profundidad de sombra por medio de la mitigación solar intencional, crean un espacio perceptual donde lo sagrado parece manifestarse a través de la forma. La sombra generada, dosificada y manipulada se convierte así en un componente espiritual y estético, no en un residuo de la luz.

El estilo Puuc evidencia un entendimiento holístico donde la mitigación solar produce:

- eficiencia ambiental,
- experiencia sensorial,
- forma arquitectónica,
- expresión espiritual.

En este sentido, la arquitectura Puuc anticipa principios contemporáneos que comprenden la luz como un agente de diseño integral:

- Define proporciones,
- Construye atmósferas,
- Activa la percepción,
- Estructura el significado.³⁹

39 Rivera Dorado, M. (2002). La ceiba y la luz: el estilo artístico y el paisaje de los mayas de Yucatán. Revista Española de Antropología Americana, 32, 69–85



Imagen 8 Arquitectura Puuc, la complejidad de la construcción en Mesoamérica Erick Abel Mena
2021 Foro de la historia

La arquitectura Puuc representa uno de los ejemplos más avanzados de la historia prehispánica en la integración simultánea de la mitigación solar, la estética de la luz y la espiritualidad. Su dominio lumínico —tanto físico como simbólico— convierte a la luz en material, a la sombra en lenguaje, y al edificio en un mediador entre el clima y lo sagrado.

Esta comprensión profunda del sol y su incidencia no solo resolvía necesidades técnicas del entorno yucateco, sino que producía una arquitectura donde la forma es inseparable de la percepción, del tiempo y del significado espiritual.



A

ELEMENTO UNO

Paramento liso inferior



La zona inferior de la fachada se presenta sin decoración escultórica. Su superficie continua y uniforme contrasta con el friso superior, generando una base visual neutra que realza los relieves por oposición.

B

ELEMENTO DOS

Friso superior con mosaico



La zona superior está cubierta por elaborados mosaicos de piedra labrada. Los bloques en relieve proyectan sombras que cambian según la posición del sol, convirtiendo la fachada en una superficie dinámica y sensible al tiempo.

EFFECTO RESULTANTE

Patrones de sombra móviles

Los relieves del friso generan sombras que se desplazan a lo largo del día, transformando la percepción de la fachada con cada hora. La arquitectura se convierte en un organismo que registra el movimiento solar.

CONCEPTO TEÓRICO

Materialización lumínica

En la teoría contemporánea de la forma, este fenómeno corresponde a una materialización lumínica: la forma construida y la luz incidente son inseparables como componentes del diseño arquitectónico.

LECTURA TEMPORAL

Arquitectura que responde al tiempo

La mitigación solar no es accidental: es parte deliberada de la expresión visual del edificio. La luz filtrada e interrumpida por los relieves revela la arquitectura como sistema vivo que dialoga con el cosmos.

01

SUPERFICIE LISA

Paramento inferior sin decoración que funciona como base visual neutra y contrastante

02

MOSAICO ESCULTÓRICO

Frison superior con bloques de piedra labrada que forman patrones geométricos complejos

03

SOMBRA DINÁMICA

Los relieves proyectan sombras móviles que cambian con el ángulo solar a lo largo del día

04

EXPRESIÓN VISUAL

La mitigación solar es parte constitutiva de la estética del edificio, no un elemento secundario

SÍNTESIS

La dialéctica entre superficies lisas y relieves complejos responde a un entendimiento avanzado de la luz como agente de diseño: la mitigación solar se convierte en parte de la expresión visual del edificio.

1.3.2 Características del estilo Puuc

El estilo arquitectónico Puuc se relaciona con los antecedentes históricos de elementos decorativos similares a través de la evolución y adaptación de técnicas constructivas y ornamentales que responden tanto a necesidades funcionales como simbólicas, integrando influencias de culturas previas y contemporáneas en Mesoamérica. Originado en la región Puuc de la península de Yucatán entre los siglos VII y X d.C., el estilo Puuc representa un punto culminante en la arquitectura maya, donde se combinan innovaciones constructivas con una rica ornamentación basada en patrones geométricos y figurativos que reflejan el contexto cultural, religioso y climático de la zona.⁴⁰

Históricamente, el empleo de elementos calados para el control de la luz solar y la ventilación tiene raíces en diversas culturas antiguas, donde la necesidad de filtrar la radiación directa y mantener el confort térmico llevó a la creación de dispositivos que combinan funcionalidad y ornamentación. En el caso maya, estas técnicas se perfeccionaron mediante el uso de mampostería fina y la elaboración de frisos con motivos geométricos y mascarones, especialmente dedicados a deidades como Chaac, el dios de la lluvia, que evidencian un profundo entendimiento del entorno climático y su incidencia solar.

El estilo Puuc puede interpretarse como un resultado avanzado y contextualizado de una larga tradición de empleo de motivos calados en la arquitectura mesoamericana, evidenciando una evolución técnica y simbólica que responde en

40 Andrews, G. F. (1999). *Arquitectura Puuc: El estilo arquitectónico de la región Puuc en Yucatán*. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

forma óptima al entorno climático y cultural. La persistencia y sofisticación de estos elementos decorativos en los edificios Puuc denotan un entendimiento integral donde el control de la incidencia solar no solo se persigue desde lo funcional, sino que se convierte en un lenguaje expresivo de identidad y cosmovisión, consolidando uno de los capítulos más emblemáticos de la arquitectura prehispánica mesoamericana.⁴¹

El estilo Puuc es un estilo arquitectónico maya que se distingue por características constructivas y decorativas muy específicas:

- Paredes lisas y verticales en la parte inferior, generalmente sin decoración, hechas en muros de mampostería de piedra y argamasa, con sillares finamente tallados y bien ajustados, con junta a hueso.
- Frisos decorativos en la parte superior de las fachadas, realizados con la técnica de mosaico de piedra, que implica tallar previamente los elementos decorativos y ensamblarlos como un mosaico, con motivos geométricos, antropomorfos y zoomorfos.
- Mascarones prominentes de Chaac, el dios maya de la lluvia, con nariz larga y característica, que suelen colocarse en puertas, esquinas y frisos superiores.
- Cornisas planas y grecas (elementos decorativos geométricos) rematando los frisos superiores, a veces con doble cornisa.
- Columnas pequeñas o tamborcillos que pueden ser redondas o cuadradas, usadas para separar espacios, forman puertas y escaleras, a menudo evocando las cañas de las construcciones tradicionales.

41 Vela, E. (2015, octubre). *El estilo Puuc*. *Arqueología Mexicana* (especial 64). <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/el-estilo-puuc>

- Uso de bóvedas falsas, que pueden ser triangulares, ovaladas o truncadas, con un núcleo de piedra y argamasa que soporta la estructura permitiendo sillar tallado cuidadosamente.
- Fachadas que pueden ser verticales o ligeramente hacia afuera, para efectos visuales y de sombra, intensificando la decoración en mosaico.
- Uso frecuente de motivos geométricos complejos como bandas cruzadas y piedras dentadas llamadas chimez.

El Estilo Puuc: Elementos Arquitectónicos



01 · MUROS

Paredes lisas y verticales

Mampostería de sillares finamente tallados y bien ajustados a junta hueso, sin decoración en la zona inferior de la fachada.



02 · FRISOS

Frisos decorativos en mosaico

Técnica de mosaico de piedra en la parte superior de la fachada, con motivos geométricos, antropomorfos y zoomorfos ensamblados con precisión.



03 · MASCARONES

Mascarones de Chaac

Representaciones prominentes del dios maya de la lluvia con nariz larga característica. Se colocan en puertas, esquinas y frisos superiores.



04 · REMATES

Comisas y grecas

Comisas planas, a veces dobles, con grecas geométricas que rematan los frisos superiores con precisión y ritmo visual.



05 · SOPORTES

Columnas y tamborcillos

Columnas redondas o cuadradas de pequeño tamaño que separan espacios y forman puertas, evocando las cañas de construcciones tradicionales.



06 · ESTRUCTURA

Bóvedas falsas

Bóvedas triangulares, ovaladas o truncadas con núcleo de piedra y argamasa. Permiten sillares tallados cuidadosamente como revestimiento interior.



07 · FACHADAS

Fachadas inclinadas

Las fachadas pueden ser verticales o ligeramente inclinadas hacia afuera para generar efectos visuales y de sombra que intensifican la decoración en mosaico.



08 · CONJUNTOS

Conjuntos monumentales

Construcciones de varios pisos y amplios recintos con escalinatas interrumpidas por bóvedas o semibóvedas, formando complejos monumentales de gran escala.



09 · ORNAMENTO

Motivos geométricos

Bandas cruzadas, piedras dentadas llamadas chimez, que conforman patrones geométricos complejos de gran riqueza ornamental.

En resumen, el estilo Puuc es un estilo elegante y sofisticado, que destaca el contraste entre muros inferiores lisos y sobrios. Frisos superiores exuberantemente decorados con mosaicos de piedra y mascarones de Chaac, reflejando una simbología vinculada a la lluvia y la divinidad maya.⁴²



Imagen 11 Mascarones del dios de Chaac en Kabah, Yucatán, Erika Porras, 2009

42 Vela, E. (2015, octubre). *El estilo Puuc*. *Arqueología Mexicana* (especial 64). <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/el-estilo-puuc>

1.3.3 Definición del concepto de la forma

El estudio de la forma es un tema que ha dado curiosidad a lo largo de la existencia del ser humano. Este concepto en lo personal siempre me ha causado mucha curiosidad y más al conocer estilos arquitectónicos como el Puuc, las civilizaciones prehispánicas tenían una concepción de la forma que siempre ha llamado mi atención.

La noción de forma tiene, en sus orígenes, un fuerte arraigo filosófico. Aristóteles la definía como el conjunto de rasgos esenciales que configuran la identidad de un objeto, distinguiéndolo de otros.⁴³ El cuestionamiento en torno a la forma surge a partir del deseo de comprender el porqué de las cosas: su origen, su existencia en el entorno, de qué están hechas y con qué propósito. En este sentido, la teoría aristotélica se centraba en la creación de la forma a través del pensamiento, concebida como una causa formal que da sentido al objeto en relación con su función y su materia.⁴⁴

Platón estableció en su teoría que la realidad se conoce a través de los sentidos; esta realidad refleja un mundo de cambio e imperfección en contraste con las formas perfectas e inmutables, que él denominó Sólidos Platónicos, entre ellos el cuadrado, el círculo y el triángulo equilátero. Platón aportó las relaciones matemáticas a través de estos sólidos. Sin embargo, antes de él, Pitágoras ya había realizado estudios sobre los sólidos o poliedros regulares, y otros filósofos, como Empédocles, habían relacionado figuras geométricas con elementos de la naturaleza.⁴⁵

43 Aristóteles. (2004). *Metafísica* (T. Calvo Martínez, Trad.). Gredos

44 Kosik, K. (1967). *Dialéctica de lo concreto*. Grijalbo.

45 Cornford, F. M. (1995). *Plato's cosmology: The Timaeus of Plato*. Hackett Publishing.

Platón sostuvo que las relaciones matemáticas contribuyen a la armonía y la proporción, abriendo así el diálogo hacia la generación de belleza a través de estos elementos. Este planteamiento tuvo una gran influencia en la historia del pensamiento. A partir de él, se comenzó a reflexionar sobre lo perfecto y lo imperfecto basándose en conceptos tales como regularidad, simetría, conjunción y el cumplimiento del teorema de poliedros de Euler, así como en la relación que estas formas guardan con la proporción áurea⁴⁶

Aunque la teoría de la forma se ha enfocado inicialmente en el pensamiento humano, desde mi perspectiva, la curiosidad por comprender la forma a través de lo que percibimos físicamente conduce a la inquietud de entender la subjetividad inherente a la forma, con el fin de lograr una comprensión más profunda del mundo que nos rodea. Para entender el pensamiento humano, considero que el primer paso es comprender la percepción humana.

En la etapa del constructivismo dentro del pensamiento filosófico, fue Kant quien estableció las bases fundamentales, proponiendo que la mente construye el conocimiento a partir de las experiencias, y que el orden de estos datos experimentales da lugar a las estructuras de la forma.⁴⁷ El constructivismo, aunque se originó en la filosofía, posteriormente se desarrolló en campos como la psicología y la estética.⁴⁸

Jean Piaget plantea que el mundo es una construcción humana que surge a partir de la interacción del ser humano con los estímulos naturales; por ello, no es estático, sino que se construye activamente. En consecuencia, el conocimiento es un

46 Livio, M. (2003). *La proporción áurea: La historia de phi, el número más asombroso del mundo*. Ariel.

47 Kant, I. (1998). *Crítica de la razón pura* (P. Ribas, Trad.). Tecnos. (Arnheim, 1974)

48 Arnheim, R. (1974). *Arte y percepción visual: Psicología del ojo creador*. Alianza Editorial.

proceso cognoscitivo que se procesa y construye de manera activa, y es a través de este proceso que cada persona organiza su mundo experimental y vivencial. Por lo tanto, la objetividad es una construcción individual; sin el sujeto, la objetividad perdería sentido.⁴⁹

En la etapa del constructivismo, reafirmo la idea de que la forma nace a partir de la percepción humana, aunque esta percepción está moldeada por las experiencias propias de cada individuo. No obstante, el conjunto de individuos en un mismo contexto podría abrir la discusión acerca de las similitudes y diferencias en la percepción de cada sujeto.

Más adelante, con el desarrollo del deconstructivismo por Jacques Derrida, se plantea que todas las estructuras dentro del mundo occidental están determinadas por tres formas de pensamiento: el logocentrismo, el falocentrismo y la metafísica. Derrida criticaba el modelo estructuralista vigente, argumentando que el sistema de oposiciones binarias privilegiaba a un concepto sobre otro. En su filosofía, critica y analiza estos conceptos, evidenciando una crítica social propia de su época.⁵⁰

En esta etapa del deconstructivismo, se abre la discusión sobre si la forma ha sido moldeada, ya sea de manera intencional o no, lo que genera un debate crítico sobre la definición de cómo es o cómo debería ser la forma. Siguiendo el camino de la crítica social de su época, podemos cuestionar por qué los elementos para crear la forma son como son y si realmente permiten un camino natural para la creatividad.

49 Piaget, J. (1970). *La psicología de la inteligencia*. Psique / Paidós.

50 Derrida, J. (1989). *La escritura y la diferencia* (P. Peñalver, Trad.). Anthropos.

Posteriormente, Heidegger se incorporó a esta corriente, argumentando que cada concepto se construye a partir de procesos históricos y acumulaciones metafóricas. De este modo, demostró que lo claro y evidente no siempre lo es, ya que la verdad es relativa y está sujeta a paradojas derivadas de figuras retóricas como la metáfora y la metonimia.⁵¹

Más adelante, surge en la psicología moderna la teoría Gestalt o teoría de la forma, fundada en Alemania por Max Wertheimer. Esta teoría, también conocida como teoría de la totalidad y configuración, busca explicar las condiciones neuronales que originan la percepción de la forma. Aunque su campo principal es la psicología, posee implicaciones significativas en la arquitectura debido a las interpretaciones visuales compartidas en ambas disciplinas.

Esta teoría investiga cómo los estímulos visuales afectan nuestro cerebro y cómo percibimos el mundo a partir de las formas que observamos en el entorno. La percepción depende de la interacción de nuestros sentidos con el exterior y de la relación que establecemos con experiencias previas.

El psicólogo Wilhelm Wundt contribuyó a este campo al determinar que existen dos aspectos esenciales para comprender verdaderamente el porqué de las formas: lo objetivo, que corresponde a lo que vemos y sentimos, y lo subjetivo, que se refiere a cómo captamos lo que percibimos. Gracias a esta contribución, la teoría fue considerada una ciencia experimental empírica que relaciona las experiencias internas y externas.⁵²

51 Heidegger, M. (1994). *La pregunta por la técnica* (X. Zubiri, Trad.). Editorial Folio. (Obra original publicada en 1954)

52 Wundt, W. (1998). *Introducción a la psicología* (J. García Yebra, Trad.). Alianza Editorial.

Rudolph Arnheim también realizó una contribución significativa a la teoría de la forma, al señalar que existen ciertas cualidades y sentimientos que se captan visualmente y que no pueden ser expresados mediante la palabra, lo que se denomina percepción. Según Arnheim, la percepción de la forma está vinculada a cómo el cerebro capta de manera conjunta los elementos para luego descomponerlos en unidades simples, dado que nuestro cerebro no está capacitado para procesar simultáneamente grandes conjuntos de información. Este fenómeno es la base de las ilusiones ópticas utilizadas en el arte y otros campos.⁵³

La introducción de la teoría Gestalt supuso una revolución en el pensamiento, abriendo el campo para la investigación en la percepción humana. Se concluyó que la percepción no es simplemente la suma de datos sensoriales, sino que implica un proceso de reestructuración que se descompone cuando se intenta analizar. Esta problemática constituye el núcleo de interés en la psicología. Según esta teoría, el significado de un objeto estructurado no depende únicamente de sus elementos esenciales, sino que la percepción del mundo cotidiano es un proceso inferencial significativo.⁵⁴

Según Wucios Wong, en su libro Fundamentos del diseño bidimensional y tridimensional, todos los elementos visuales que conocemos, como el punto, la línea, el plano y el volumen, son componentes que conforman lo que llamamos “forma”. La forma es algo perceptible visualmente, que posee un amaño, color y textura determinados.

53 Arnheim, R. (1998). *Arte y percepción visual: Psicología del ojo creador* (M. Rodríguez, Trad.). Alianza Editorial.

54 Wertheimer, M. (1987). *Leyes de la organización perceptual*. En J. García Moriyón (Ed.), *Clásicos de la psicología de la forma* (pp. 15–45). Alianza Editorial.
(Trabajo original publicado en 1923)

Para pensar en la forma de manera tridimensional, es necesario reconocer sus direcciones primarias: vertical, horizontal y transversal. Wong señala que el concepto de forma puede confundirse fácilmente con el de figura, y destaca en su investigación que la forma es la apariencia total de un diseño en el espacio, mientras que la figura es su principal factor de identificación.⁵⁵ La estructura es aquello que define la manera en la que se construye una forma o la forma en que múltiples formas se unen.

La forma, por lo tanto, es un concepto que puede presentar problemáticas al intentar ser definido, dependiendo de la época y el contexto en que se aborde. Como arquitecta, el concepto de forma ha estado siempre presente en mi vida profesional, siendo consciente de como en la arquitectura, la forma juega un papel fundamental. Hasta ahora, podemos afirmar que la forma mantiene relaciones específicas con los principios funcionales, técnicos, estructurales y materiales. Sin embargo, al mismo tiempo, sostiene una estrecha conexión con la estética. Todo esto resulta difícil de generalizar a nivel teórico, ya que cada individuo determina cada uno de estos elementos de manera particular y a través de procesos experimentales.

Cuando comencé este trabajo, mi intención fue adentrarme en la teoría de la forma con el objetivo de encontrar respuestas en torno a este concepto tan complejo. Tras estudiar algunas de las teorías relacionadas con la forma y la naturaleza de su creación, inicié un proceso de introspección orientado a definir el enfoque que deseaba trabajar. Al abordar el diseño experimental, es evidente que el campo es muy amplio, por lo que realicé un planteamiento a partir de mis propias necesidades e intereses.

⁵⁵ Wong, W. (2010). *Fundamentos del diseño bidimensional y tridimensional*. Gustavo Gili.

Si tuviera la posibilidad de definir un concepto propio de la forma, lo abordaría como el resultado de un proceso complejo en el cual las estructuras e imágenes que generamos, ya sea en el ámbito artístico, arquitectónico o conceptual, emergen a partir de las experiencias individuales, las percepciones subjetivas del autor y el bagaje cultural e intelectual que este posee. En este sentido, la forma no puede concebirse como un ente aislado o puramente técnico, sino como una construcción que refleja, de manera directa o simbólica, el contexto vital de quien la produce, así como el conocimiento que se desarrolla durante el mismo proceso de búsqueda y experimentación formal.

La noción de forma puede ser analizada desde múltiples perspectivas, algunas de ellas profundamente teóricas y complejas, dependiendo de los marcos filosóficos, estéticos o científicos que se elijan para su estudio. Existe un vasto cuerpo de conocimiento y literatura especializada que ha abordado esta temática a lo largo del tiempo, desde los planteamientos clásicos de la metafísica hasta enfoques contemporáneos de la teoría del diseño o la psicología de la percepción.

Sin embargo, también es posible adoptar una aproximación más sencilla y empírica, centrada en el análisis de metodologías experimentales, procesos creativos individuales y en las tendencias culturales, tecnológicas y sociales propias del contexto histórico en el que se inscribe la producción formal. De este modo, la forma puede entenderse no solo como el producto final de una obra, sino como una manifestación tangible del pensamiento, la sensibilidad y el aprendizaje acumulado del sujeto creador, cuya interpretación varía de acuerdo con el enfoque disciplinar desde el cual se estudie y el contexto de la época en la que se esté ubicado.

1.3.4 La luz como dimensión de la forma

A lo largo de este recorrido por la teoría de la forma, desde las categorías aristotélicas hasta la percepción gestáltica, he intentado sostener que la forma no es un dato fijo del mundo, sino una construcción que surge en el encuentro entre el objeto y quien lo percibe. Esta idea, que me parece fundamental, encuentra en el estilo Puuc una confirmación que proviene no de la filosofía occidental, sino de una civilización que llegó a conclusiones similares desde una cosmogonía completamente distinta.

El análisis del estilo Puuc me ha llevado a añadir una dimensión que no estaba explícita en las teorías que he revisado: la luz como componente constitutivo de la forma. En la arquitectura Puuc, la forma no existe de manera independiente a la incidencia solar. Los frisos de mosaico de piedra no son simplemente ornamentales; son superficies diseñadas para que la luz las active, las transforme y las complete. Un relieve Puuc a mediodía no es el mismo que a las cuatro de la tarde: la forma cambia porque la sombra que genera cambia, y esa sombra es parte integral del diseño.

Esto me parece una ampliación significativa del constructivismo que describe Piaget, quien plantea que el mundo no es estático, sino que se construye activamente. Los mayas del período Puuc parecen haber comprendido esto con precisión formal: construyeron edificios cuya apariencia se reconstruye a cada hora del día. La forma, en este caso, no es solo lo que el ojo percibe en un instante, sino el conjunto de transformaciones que esa superficie experimenta a lo largo del tiempo solar.

Desde la teoría Gestalt, Arnheim señala que la percepción visual no es pasiva, sino que el ojo organiza activamente los estímulos que recibe. En la arquitectura Puuc, este principio se lleva a una escala extraordinaria: los relieves están diseñados para que la luz proyecte sombras que el ojo percibe como nuevas formas, distintas de las

que la piedra tiene en sí misma. La sombra no es ausencia de forma, sino forma en sí misma. Los constructores Puuc entendieron que el ojo no ve piedra, ve contraste; y diseñaron sus fachadas para producir el contraste más rico posible en las condiciones de luz del trópico yucateco.

Esta conclusión modifica ligeramente la idea de mi definición de la forma. Decía que la forma nace de la percepción, y que esa percepción está moldeada por la experiencia individual. Lo sigo sosteniendo. Pero el caso Puuc me hace agregar que la percepción de la forma arquitectónica también está moldeada por la luz del lugar y del momento: la latitud, la hora, la estación del año. La forma no es solo lo que el arquitecto construye con materia, sino lo que el sol construye sobre esa materia a lo largo del día. En ese sentido, la luz no es el entorno en el que la forma existe; la luz es uno de sus materiales.

PREGUNTA DE PARTIDA			
¿Qué es la forma? ¿Cómo surge, cómo se percibe y quién la determina? A lo largo de la historia del pensamiento, distintas corrientes filosóficas y psicológicas han intentado responder esta pregunta desde ángulos distintos.			
CORRIENTES DEL PENSAMIENTO SOBRE LA FORMA			
FILOSOFÍA CLÁSICA Aristóteles · Platón · Pitágoras <i>"La forma como esencia y geometría perfecta"</i> Aristóteles: la forma es la causa que da identidad al objeto. Platón: los sólidos platónicos son formas perfectas e inmutables (cuadrado, círculo, triángulo). Pitágoras aporta la proporción áurea.	CONSTRUCTIVISMO Kant · Piaget <i>"La forma como construcción activa de la mente"</i> Kant: la mente construye el conocimiento a partir de las experiencias. Piaget: el mundo se construye activamente en la interacción con los estímulos. La forma nace de la percepción individual.	DECONSTRUCTIVISMO Derrida · Heidegger <i>"La forma como construcción histórica cuestionable"</i> Derrida: las estructuras de la forma han sido moldeadas por sistemas que privilegian unos conceptos sobre otros. Heidegger: cada concepto se construye desde procesos históricos. La forma no es neutral.	
PSICOLOGÍA DE LA FORMA Wertheimer · Wundt · Arnheim <i>"La forma como experiencia perceptiva total"</i> Gestalt: la percepción es una experiencia de totalidad. Wundt: la forma tiene dimensión objetiva (lo que vemos) y subjetiva (cómo lo captamos). Arnheim: hay cualidades visuales que no pueden expresarse con palabras.	TEORÍA DEL DISEÑO Wucios Wong <i>"La forma como apariencia total en el espacio"</i> La forma está compuesta por punto, línea, plano y volumen. La forma es la apariencia total del diseño; la figura es su factor de identificación. La estructura define cómo se construye.	DEFINICIÓN PROPIA Síntesis propia <i>"La forma como construcción subjetiva, cultural y experiencial"</i> La forma emerge de las experiencias individuales, la percepción subjetiva del autor y su bagaje cultural. Refleja el contexto vital de quien la produce y el conocimiento que surge durante el proceso de búsqueda.	
CONFIRMACIÓN DESDE EL ESTILO PUUC			
LA FORMA SE RECONSTRUYE A CADA HORA El constructivismo Puuc Los frisos de mosaico del Puuc no son ornamentales: son superficies diseñadas para que la luz las active. Un relieve a mediodía no es el mismo que a las cuatro de la tarde. Los constructores mayas aplicaron el constructivismo de Piaget con precisión formal.		EL OJO NO VE PIEDRA, VE CONTRASTE La sombra como forma Arnheim señala que la percepción visual no es pasiva: el ojo organiza activamente los estímulos. En la arquitectura Puuc, los relieves proyectan sombras que el ojo percibe como nuevas formas. La sombra no es ausencia de forma; es forma en sí misma.	
CONCLUSIÓN: LAS 4 DIMENSIONES DE LA FORMA			
Geometría Sólidos platónicos, proporción y simetría como lenguaje universal	Percepción La forma existe en el encuentro entre el objeto y quien lo observa	Experiencia Cada individuo construye la forma desde su bagaje cultural y vivencial	Luz La luz no es entorno de la forma; es uno de sus materiales constitutivos

Imagen 12 Teorías de la forma.

1.4 Estado del Arte

1.4.1 Paul Bik

Es un artista contemporáneo nacido en 1979 en Varsovia, Polonia, que actualmente vive y trabaja en Milán, Italia. su práctica, desarrollada principalmente en Milán, profundiza en la relación entre forma, luz, textura y espacialidad, elementos fundamentales para comprender cómo los objetos tridimensionales afectan la experiencia sensorial del observador. Bik trabaja en un punto de equilibrio entre lo geométrico y lo orgánico, produciendo piezas que parecen simples a primera vista, pero que ofrecen una complejidad perceptiva creciente conforme la luz y la mirada interactúan con ellas.

Formado inicialmente en psicología, con una maestría obtenida en la Universidad Cardinal Stefan Wyszyński, Bik derivó hacia el mundo del diseño y el arte después de trabajar varios años en la industria de la moda y de estudiar diseño de interiores en la Academia de Bellas Artes de Varsovia. Finalmente, se focalizó en su práctica artística, especializándose en pinturas en relieve que combina con esculturas realizadas principalmente en materiales como madera, cartón, resina, yeso y pintura.⁵⁶

Su estilo es abstracto y monocromático, combinando formas geométricas que proyectan sombras que agregan profundidad y complejidad visual a sus piezas. Hay un marcado interés por la textura y la experiencia táctil, otorgando a sus composiciones una sensación sensual y orgánica, a pesar de su apariencia en muchos casos minimalista y precisa. Paul Bik se considera a sí mismo introvertido, situación que influye

⁵⁶ Paul Bik. (s. f.). *About*. Recuperado de <https://paulbik.com/about>

en su trabajo meticuloso y meditativo, que tiende a generar una sensación de calma en el espectador.⁵⁷

Sus obras se encuentran en galerías internacionales y se venden alrededor del mundo, destacándose como un continuador de la tradición del espacialismo, movimiento artístico iniciado por Lucio Fontana, que enfatiza la relación entre espacio, forma y percepción.⁵⁸

En síntesis, Paul Bik ha desarrollado una obra que dialoga entre opuestos, fusionando tradición y experimentación técnica con un fuerte componente emocional conceptual, lo que lo ha posicionado como un referente contemporáneo en la exploración de formas y materiales en el arte abstracto tridimensional en Italia y a nivel internacional.



Imagen 13 Yinjisspace, Paul Bik, 2023

57 Yinjisspace. (2023, 11 de octubre). *Polish Artists x Paul Bik*. Yinjisspace. Recuperado el 27 de noviembre de 2025, de <https://yinjisspace.com/article/Paul-Bik.html>

58 Artsper. (s. f.). *Paul Bik – Contemporary artists, Italy*. Recuperado de <https://www.artsper.com/us/contemporary-artists/italy/43241/paul-bik>

La relevancia de Bik para esta investigación radica en varios puntos clave:

- Explora la forma más allá del contorno, entendiendo el relieve como una experiencia espacial.
- Integra luz y sombra como agentes constructivos, no como elementos decorativos.
- Se apoya en procesos perceptivos, vinculando su trabajo con la psicología de la forma y la Gestalt.
- Modula la experiencia del espectador, generando obras que activan la percepción lenta y contemplativa.
- Reafirma la materialidad como fenómeno perceptivo, conectando cuerpo, textura y visualidad.

Paul Bik ofrece un marco sólido para comprender la forma como un fenómeno integral que se manifiesta simultáneamente en la percepción, el espacio y el cuerpo del observador. Su obra demuestra que la forma no es estática ni autónoma, sino un punto de encuentro entre luz, materia y experiencia sensorial, punto central de esta tesis.

Paul Bik — Proceso de Diseño

ORIGEN Y FORMACIÓN

Varsovia, Polonia (1979) · Psicología, Universidad Cardinal Stefan Wyszyński (2003) · Diseño de Interiores, Academia de Bellas Artes de Varsovia · Trabaja en Milán, Italia

TRADICIÓN Y POSICIÓN

Continuador del espacialismo italiano · Referentes: Lucio Fontana, Agostino Bonalumi, Enrico Castellani · Escultura-pintura entre lo tridimensional y lo pictórico



PRINCIPIO RECTOR

*"Cuando las fuerzas adversas chocan, encuentra armonía.
La dualidad coexiste en paz."*



1

ETAPA 01

Proyecto matemático

Diseño preciso basado en reglas matemáticas y formas geométricas. Definición de proporciones, ritmos y estructura compositiva.



2

ETAPA 02

Corte artesanal

Corte manual de formas individuales en madera, cartón y papel teñido. Proceso físico e intenso, meditativamente preciso.



3

ETAPA 03

Construcción en capas

Ensamblaje preciso en capas sucesivas con adhesivo. Cada capa construye relieve, profundidad y tensión entre planos.



4

ETAPA 04

Fijación y acabado

Cubierta con resina epóxica, pintura acrílica u óleo. La superficie monocromática unifica el relieve y potencia la percepción táctil.



5

ETAPA 05

Gesto final

Intervención intuitiva e imperfecta que desequilibra la geometría. El toque extrovertido que le da alma a la precisión matemática.

POLO A — ORDEN

Precisión matemática

El proceso inicia con rigor geométrico absoluto: proporciones calculadas, ritmos repetidos, estructuras controladas. Bik construye formas con precisión de artesano introvertido que se aísla del mundo para crear.

POLO B — RUPTURA

Distorsión intuitiva

La geometría se interrumpe por un gesto final extrovertido e impredecible — una capa de pintura desnivelada, una simetría rota. El caos orgánico revela una belleza imposible de alcanzar con la pura geometría.

LUZ Y SOMBRA

La luz y la sombra proyectadas por las formas geométricas agregan un elemento más a la composición, más allá del control del artista. La forma construida no existe sin la luz que la activa.



MADERA

Estructura y relieve base



CARTÓN

Capas y formas cortadas



RESINA

Fijación y superficie



YESO

Textura y masa



PINTURA

Acrílica y óleo, gesto final

1.4.2 Atelier Plateau

Es un estudio creativo danés formado por la pareja de arquitectos Anne Ejlsmark Berthelsen y Mikkel Johnsen, establecido en 2020 y con sede en Copenhague ofrece un ejemplo contemporáneo particularmente relevante para una investigación que entiende la forma como un fenómeno relacional entre luz, materia y percepción. Sus relieves murales hechos a mano, de carácter minimalista y contruidos a partir de materiales naturales funcionan como superficies sensibles donde la luz activa variaciones de profundidad, textura y volumen, convirtiéndose en dispositivos espaciales que transforman la experiencia del observador.⁵⁹

Los relieves de Atelier Plateau se configuran desde la convicción de que la forma no es un objeto estático, sino un elemento que se completa en su interacción con la luz. Las geometrías sobrias y las modulaciones de profundidad permiten que la superficie se vuelva dinámica a lo largo del día, a medida que la sombra desplaza y redefine los límites volumétricos.

Al concebir sus relieves como mecanismos lumínicos, el estudio propone una lectura de la forma vinculada al tiempo, a la variación atmosférica y a la sensibilidad del observador. La materialidad no se limita a ser soporte físico, sino que participa activamente en la construcción de atmósfera: absorbe o refleja luz, intensifica la sombra o suaviza los contrastes.

La textura del estuco, por ejemplo, genera microrelieves que alteran la percepción lumínica incluso en superficies aparentemente planas. Esta cualidad

⁵⁹ Atelier Plateau. (s. f.). *About.* de <https://www.atelierplateau.com>

refuerza la idea central de la tesis de que la forma no se define exclusivamente por su geometría, sino por la interacción entre materia y luz.

El proceso creativo de Atelier Plateau arranca desde un “atlas visual” de atmósferas, colores, materiales y texturas que alimentan su fase de inspiración, seguida por una exploración formal centrada en el juego lumínico y volumétrico, y un detallado desarrollo de texturas y colores que equilibran la expresión y la sutileza. Sus relieves, contruidos con madera, pinturas ecológicas y estuco de dolomita como en su proyecto “Beyond The Surface” para Audo House, varían en profundidad para modular cómo la luz natural atraviesa y transforma el espacio. Esta pieza icónica alcanzó hasta cinco metros de altura, mostrando su interés por las escalas grandes y la relación dinámica entre luz y forma.⁶⁰

Su formación en arquitectura espacial es fundamental para entender su obra, que consideran una evolución natural de su práctica profesional con el propósito de intervenir en la percepción del entorno construido. Al trabajar con volúmenes y texturas, buscan orquestar un equilibrio entre proporción, luz y atmósfera que dialoga con el espacio interior, sin imponer excesiva presencia, sino potenciando la experiencia sensorial del lugar. En un mundo dominado por lo digital, su arte recupera la tradición milenaria del relieve como una forma tangible de habitar y sentir el espacio.

60 Audo House. (2023). *Beyond the Surface – Atelier Plateau*. Audo House. de <https://www.audohouse.com>



Imagen 15 Atelier Plateau, 2025 product

Atelier Plateau refleja su inspiración en la herencia del diseño escandinavo en sus relieves a través de la cuidadosa exploración de la luz, la sombra y la textura, elementos esenciales en la tradición nórdica. Este diseño escandinavo se caracteriza por su búsqueda de sencillez, funcionalidad y conexión con la naturaleza, donde la luz natural juega un papel principal en la configuración del espacio interior. Atelier Plateau aplica estos principios creando relieves mínimos y hechos a mano que modulan la luz natural mediante formas y texturas sutiles, generando atmósferas cambiantes y sensoriales en los espacios que intervienen.

La influencia escandinava se expresa también en el uso de materiales naturales y sostenibles, como la madera y pinturas ecológicas, que promueven una estética limpia y atemporal, característica del diseño nórdico. Además, la precisión geométrica junto con la sensibilidad artesanal refleja esa fusión entre tecnología y tradición que ha marcado el diseño escandinavo desde la modernidad hasta el presente. Así, Atelier Plateau no solo toma inspiración formal de esta herencia, sino que profundiza en su

esencia: responder al entorno mediante una arquitectura que prioriza la calidad lumínica y la experiencia espacial indirecta, reproduciendo una manipulación cuidadosa de la luz para favorecer la calma y la contemplación, evitando la agresividad lumínica.⁶¹



Imagen 16 Atelier Plateau 2025 Projects

Este enfoque se puede comparar con obras icónicas del diseño escandinavo y arquitectos como Sverre Fehn, cuya obra destaca por la creación de espacios de luz filtrada y materiales honestos, enfatizando la relación entre la construcción, el entorno natural y la percepción espacial. Patrick Plateau y su estudio reinterpretan estos principios en objetos artísticos que funcionan a escala íntima, aportando una continuidad contemporánea al legado escandinavo de armonía entre luz, materia y espacio.⁶²

61 DesignWanted. (2023, 14 de julio). *Atelier Plateau: Danish spatial artistry in minimalist reliefs*. DesignWanted., de <https://designwanted.com>

62 Nordic Design. (2020, 12 de octubre). *Discover the work of Atelier Plateau*. Recuperado de <https://nordicdesign.ca/discover-the-work-of-atelier-plateau/>

En resumen, Atelier Plateau refleja la herencia del diseño escandinavo en sus relieves fundamentalmente mediante:

- La modulación sutil y natural de la luz para crear ambientes sensoriales que cambian con las condiciones lumínicas.
- La utilización de materiales naturales y un proceso artesanal que refuerzan la conexión con la naturaleza.
- La búsqueda de una estética simple, funcional y atemporal, privilegiando la experiencia humana en el espacio.
- La reinterpretación contemporánea de los principios clásicos del diseño nórdico en un formato artístico y arquitectónico reducido, pero poderoso.

De esta manera, su trabajo constituye un puente que mantiene vigente la tradición nórdica de diseño centrado en la luz y la naturaleza, ajustada a las necesidades y lenguajes contemporáneos.

Atelier Plateau — Proceso de Diseño

ORIGEN Y FORMACIÓN

Anne Ejlsmark Berthelsen y Mikkel Schebye Johnsen · Máster en Arquitectura (Cand.Arch), Royal Danish Academy (2013) · Estudio fundado en Copenhague, 2020

POSICIÓN Y TRADICIÓN

Estudio en la intersección del arte, la arquitectura y el diseño · Herencia escandinava · Influencia del Modernismo y el minimalismo abstracto · Proyectos residenciales y de hospitalidad a escala mundial



PRINCIPIO RECTOR

"La forma es igualmente sobre el espacio que sobre el objeto.
La luz activa lo que la materia construye."



1

ETAPA 01

Lectura del espacio

Estudio detallado del lugar: materiales, colores, texturas y condiciones de luz existentes. El espacio informa la obra antes de que ésta comience.



2

ETAPA 02

Diseño de planos y profundidades

Definición de los planos escalonados (plateaus) en distintas profundidades. Las proporciones se calculan para generar condiciones específicas de luz y sombra.



3

ETAPA 03

Selección cromática contextual

Elección de paleta monocromática en diálogo con el espacio. El color se selecciona para armonizar, no para dominar. A veces se desarrollan tonos exclusivos para el proyecto.



4

ETAPA 04

Construcción artesanal

Elaboración manual en el estudio con madera, yeso y pintura ecológica. Cada relieve es ensamblado a mano, pieza por pieza, con precisión de oficio escandinavo.



5

ETAPA 05

Instalación y diálogo espacial

La pieza se integra en el espacio para el que fue diseñada. La luz del lugar completa la obra: las sombras cambian con el movimiento solar, transformando la expresión del relieve.

DIMENSIÓN A · OBJETO

La forma construida

Los relieves se construyen con planos monocromáticos en distintas profundidades. La geometría es depurada, de herencia modernista escandinava: sin ornamento, sin decoración. La forma es consecuencia directa de las proporciones y el material.

DIMENSIÓN B · ESPACIO

La forma habitada

La obra existe en función del espacio que la rodea. La luz, la atmósfera y el movimiento del observador son parte del diseño. El relieve nunca es el mismo: cambia con las condiciones lumínicas del lugar y la hora del día.

LUZ Y SOMBRA

Los planos escalonados en distintas profundidades crean condiciones variables de luz y sombra. Dependiendo del movimiento de la luz en el espacio, cada relieve adquiere una expresión diferente. La luz no es entorno: es material de diseño.



MADERA

Estructura y planos base



YESO

Textura y superficie



PINTURA ECOLÓGICA

Color monocromático



PLANOS EN RELIEVE

Plateaus en distintas profundidades



LUZ NATURAL

Componente activo del diseño

1.4.3 Eduardo Terrazas

Eduardo Terrazas nació el 5 de marzo de 1936 en Guadalajara, Jalisco, México. Es arquitecto, diseñador urbano, museógrafo y artista visual, y está reconocido como uno de los miembros fundadores de la escena del arte contemporáneo en México.⁶³ Su formación es rigurosamente arquitectónica: obtuvo el título de licenciatura en Arquitectura en la Escuela Nacional de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1958, continuó con una maestría en Arquitectura en la Universidad de Cornell, en Nueva York, en 1960, y realizó estudios de prefabricación en arquitectura en París en 1962.⁶⁴ Esta trayectoria académica en tres contextos geográficos y culturales distintos México, Estados Unidos y Europa, moldeó una mirada disciplinar que nunca ha operado desde una sola vertiente, sino desde la intersección permanente entre tecnología constructiva, diseño gráfico, abstracción formal y tradición artesanal.

Terrazas alcanzó reconocimiento internacional a una edad temprana cuando fue seleccionado como codiseñador del logotipo y los elementos de identidad visual de los Juegos Olímpicos de la XIX Olimpiada, celebrados en la Ciudad de México en 1968, en colaboración con el diseñador Lance Wyman.⁶⁵ El motivo central de aquel sistema gráfico círculos concéntricos trazados en espiral, se inspiró directamente en las técnicas artesanales de los pueblos Huicholes (Wixáritari) de los estados de Jalisco, Durango y Nayarit, en el occidente de México.⁶⁶ Esa decisión de síntesis no fue meramente estética: fue la enunciación de un principio metodológico que definiría cinco

63 Terrazas, E. (s. f.). *About*. Proyectos Monclova. Recuperado de <https://www.proyectosmonclova.com/artists/eduardo-terrazas>

64 Timothy Taylor Gallery. (s. f.). *Eduardo Terrazas*. Recuperado de <https://www.timothytaylor.com/artists/eduardo-terrazas>

65 Líderes Mexicanos. (s. f.). *Las posibilidades del color: Eduardo Terrazas*. Recuperado de <https://lideresmexicanos.com/noticias/las-posibilidades-del-color-eduardo-terrazas>

66

décadas de producción posterior, en el que la geometría modernista y la técnica artesanal indígena se reconocen como lenguajes capaces de dialogar sin que ninguno subordine al otro.



Imagen 18 <https://eduardoterrazas.com/index.php/tablas/>

La obra de Terrazas no puede comprenderse sin atender a la confluencia de tres tradiciones que operan simultáneamente en su trabajo: la abstracción geométrica modernista de raíz europea, la artesanía textil de las culturas indígenas del occidente mexicano, y la arquitectura y el pensamiento espacial como matriz de toda decisión formal.

En el plano del arte internacional, Terrazas dialoga con la tradición del Op Art y la abstracción geométrica latinoamericana que encontró en figuras como Víctor Vasarely, Carlos Mérida y Jesús Rafael Soto un lenguaje común basado en la relación entre patrones visuales, ritmo y percepción. Su trabajo comparte con estos referentes

el interés por la geometría como sistema generador de experiencia óptica, pero lo desplaza hacia un territorio que ninguno de ellos habitó: el de la técnica artesanal indígena como procedimiento legítimo de producción artística contemporánea.⁶⁷

La técnica Huichol, en la que hebras de lana teñida se disponen sobre tableros de madera cubiertos con cera de Campeche, se convirtió desde la década de los setenta en el procedimiento central de su obra artística. Terrazas la adoptó por dos razones que él mismo ha señalado de manera reiterada: su cualidad estética, en la que el color de la lana produce una intensidad que los pigmentos convencionales difícilmente alcanzan; y la demanda de concentración que el método exige, ya que disponer hebra por hebra sobre un campo de cera requiere una absorción sostenida en el acto que deriva en un proceso meditativo.⁶⁸

Esta dimensión contemplativa del proceso conecta directamente con la tradición espiritual de los pueblos Wixáritari, para quienes la producción de *nierika*, objetos rituales tejidos en lana sobre cera, es inseparable de la oración y la comunicación con las deidades.

67 Proyectos Monclova. (s. f.). *Eduardo Terrazas – Artworks & Biography*. Recuperado de <https://www.proyectosmonclova.com/artists/eduardo-terrazas>

68 Artishock Revista. (2018). *Eduardo Terrazas: Cosmos Within a Cosmos*. Recuperado de <https://artishockrevista.com/2018/03/15/eduardo-terrazas-nueva-york/>



Imagen 19 <https://eduardoterrazas.com/index.php/tablas/>

Su formación como arquitecto opera como un referente permanente en su modo de pensar la imagen. Terrazas ha declarado en múltiples ocasiones que "la geometría es el lenguaje que tenemos los arquitectos y que compartimos con la pintura, con la naturaleza",⁶⁹ una afirmación que revela que su práctica artística no es el abandono de la arquitectura sino su continuación por otros medios: el tablero de lana es también una superficie espacial, y el patrón geométrico es también una decisión constructiva.

La producción artística de Terrazas se organiza en torno a varias series que han persistido y evolucionado a lo largo de cinco décadas. La más extensa y significativa es Posibilidades de una Estructura, iniciada en los años sesenta, en la que el artista explora las relaciones formales entre elementos geométricos básicos, el cuadrado y el

69 A! Diseño. (2023). *Equilibrio Múltiple*. Eduardo Terrazas. Obras y proyectos. Recuperado de <https://a.com.mx/equilibrio-multiple-eduardo-terrazas-obras-y-proyectos/>

círculo, la línea recta y la curva, mediante sistemas de repetición y variación que producen composiciones de creciente complejidad visual a partir de unidades mínimas.⁷⁰ Dentro de esta serie se inscribe la subserie Cosmos, en la que los patrones geométricos adquieren una escala cósmica: las composiciones circulares y los sistemas concéntricos se proponen como representaciones del universo, no ilustraciones literales, sino estructuras que reproducen formalmente los principios de orden, repetición y variación que Terrazas identifica en la naturaleza y en el pensamiento científico contemporáneo.

La serie Tablas, producida principalmente en lana Huichol sobre madera encerada, representa el punto de mayor tensión creativa en la obra de Terrazas: es aquí donde la geometría modernista y la artesanía indígena se fusionan en un objeto que no pertenece enteramente a ninguna de las dos tradiciones, sino que inaugura un territorio propio. Los colores de la lana, preparados mediante tintes naturales y sintéticos, producen campos cromáticos de una intensidad que la pintura convencional no puede reproducir, y la textura del hilo le otorga a la superficie una corporeidad táctil que convierte al objeto en algo situado entre la pintura y el relieve.⁷¹

Su práctica incluyó también la exploración de formatos no convencionales para el arte de su época. La serie Globos, esferas de diez metros de diámetro fabricadas en PVC, fue instalada en espacios públicos de México desde 1967, proponiendo una forma que es simultáneamente escultura, dispositivo urbano y figura cósmica. La videoinstalación Crecimiento Exponencial, presentada en el Museo de Arte Carrillo Gil

70 La Biennale di Venezia. (2024). *Eduardo Terrazas*. Recuperado de <https://www.labiennale.org/en/art/2024/abstractions/eduardo-terrazas>

71 Excélsior. (2023). *El artista visual Eduardo Terrazas traza líneas hacia el infinito*. Recuperado de <https://www.excelsior.com.mx/expresiones/el-artista-visual-eduardo-terrazas-traza-lineas-hacia-el-infinito/1596706>

en 2015, consiste en una sala de espejos infinita que genera una sensación de expansión ilimitada del espacio, una de las pocas obras de Terrazas en las que la luz artificial se convierte en el material principal de la experiencia.⁷²

Eduardo Terrazas es el único de los referentes revisados en este estado del arte que articula de manera explícita y sostenida los dos ejes que esta investigación busca poner en diálogo: la abstracción geométrica como lenguaje formal contemporáneo y la tradición artesanal mexicana de raíz indígena como procedimiento legítimo de producción. Su obra demuestra que esa articulación no es una contradicción ni una concesión folklórica, sino una operación de síntesis que puede producir un lenguaje propio, irreducible a cualquiera de sus componentes por separado.⁷³

En el contexto específico de esta tesis, la obra de Terrazas ofrece cinco aportes que resultan directamente pertinentes:

- La geometría prehispánica como fuente formal legítima para el diseño contemporáneo. La decisión de Terrazas de partir de los patrones Huicholes una tradición formal de origen mesoamericano, para producir obra que dialoga con el arte internacional de su tiempo es el antecedente más directo de la operación metodológica que esta investigación realiza con el estilo Puuc: no reproducir la forma histórica, sino destilar de ella el principio generador que la hace válida en un contexto distinto.

72 Excélsior. (2023). *El artista visual Eduardo Terrazas traza líneas hacia el infinito*. Recuperado de <https://www.excelsior.com.mx/expresiones/el-artista-visual-eduardo-terrazas-traza-lineas-hacia-el-infinito/1596706>

73 South South. (s. f.). *Eduardo Terrazas*. Recuperado de <https://south-south.art/artists/eduardo-terrazas/>

- La geometría como lenguaje entre disciplinas. La convicción de Terrazas de que la geometría es el lenguaje compartido entre la arquitectura, la pintura y la naturaleza confirma el argumento central del marco conceptual de esta tesis: que los principios formales del estilo Puuc no pertenecen exclusivamente a la arquitectura ni a la ornamentación, sino que operan como un sistema formal abstracto transferible a contextos y escalas distintos.
- La producción de un lenguaje visual propio a partir de la síntesis de tradiciones. La obra de Terrazas demuestra que es posible producir un lenguaje formal contemporáneo de alcance internacional sin renunciar a las raíces culturales del lugar. Esta posibilidad, que la investigación local puede producir conocimiento universal, es uno de los argumentos epistemológicos más importantes que esta tesis busca sostener mediante el diseño experimental del prototipo.
- En síntesis, Eduardo Terrazas ocupa en este Estado del Arte un lugar que es el puente entre el lenguaje formal contemporáneo y el universo cultural prehispánico mexicano que esta investigación toma como fuente. Su obra no solo confirma que la síntesis entre ambos territorios es posible, sino que demuestra que esa síntesis ha sido producida desde México, con materiales mexicanos, por un creador formado en la misma tradición arquitectónica que esta investigación habita. En ese sentido, la obra de Terrazas no es solo un referente formal: es una prueba de que el camino que esta tesis propone ya tiene historia.

Eduardo Terrazas — Proceso de Diseño

ORIGEN Y FORMACIÓN

Nacido en Guadalajara, Jalisco, 1936. Licenciatura en Arquitectura, UNAM (1958). Maestría en Arquitectura, Universidad de Cornell, Nueva York (1960). Estudios de prefabricación en arquitectura en París (1962).

PRÁCTICA Y RECONOCIMIENTO

Arquitecto, diseñador urbano y artista visual. Codiseñador de la identidad gráfica de los Juegos Olímpicos de México 1968. Producción artística activa desde los años sesenta hasta el presente. Vive y trabaja en la Ciudad de México.



PRINCIPIO RECTOR

La geometría modernista y la técnica artesanal indígena como lenguajes capaces de dialogar sin que ninguno subordine al otro. La forma prehispánica, destilada en módulo mínimo, produce complejidad visual contemporánea.



1

ETAPA 01

Análisis del patrón ancestral

Estudio de los patrones formales de culturas prehispánicas: geometrías Huicholes, grecas, mosaicos. Se identifica la unidad mínima generadora de complejidad visual por repetición.



2

ETAPA 02

Destilación geométrica

Reducción del motivo cultural a sus elementos esenciales: el cuadrado, el círculo, la línea recta y la curva. La complejidad del referente se condensa en el módulo mínimo replicable.



3

ETAPA 03

Preparación del tablero

La tabla de madera se cubre con cera de Campeche. Este soporte es el campo de trabajo: blando para fijar las hebras, durable para conservarlas. La preparación es parte del ritual.



4

ETAPA 04

Tejido meditativo hebra a hebra

Las hebras de lana teñida se disponen sobre la cera con precisión manual. El proceso exige concentración sostenida: cada hebra es una decisión. La lentitud del tejido es condición de la intensidad del resultado.



5

ETAPA 05

Sistema modular y serie

El módulo mínimo se multiplica mediante rotación, simetría y variación cromática, generando composiciones de creciente complejidad. La riqueza del conjunto emerge de la repetición ordenada de la unidad simple.

DIMENSIÓN A · TRADICIÓN

La raíz artesanal

La técnica Huichol —hebras de lana sobre cera de Campeche— no es un recurso decorativo sino el procedimiento central de producción. El material lleva consigo una historia, una comunidad y una cosmogonía. La artesanía indígena es tratada como procedimiento contemporáneo legítimo, no como cita folklórica.

DIMENSIÓN B · MODERNIDAD

El lenguaje geométrico

Las composiciones dialogan con la abstracción geométrica internacional: Vasarely, Soto, Mérida. Los patrones concéntricos y las series de variación responden al vocabulario del Op Art y la abstracción latinoamericana, pero desde un procedimiento que ninguno de esos referentes habitó. La geometría es el lenguaje compartido entre arquitectura, pintura y naturaleza.

LA SÍNTESIS

La obra de Terrazas demuestra que la geometría prehispánica es fuente formal legítima para el diseño contemporáneo: no se reproduce la forma histórica, sino que se destila de ella el principio generador. Un lenguaje propio, irreducible a cualquiera de sus componentes por separado.



Madera

Soporte estructural del tablero



Cera de Campeche

Campo de fijación de las hebras



Lana Huichol

Pigmento, textura y memoria cultural



Módulo geométrico

Unidad mínima generadora de serie



Cosmos / serie

Principio de variación ordenada

1.4.4 Convergencia de referentes: forma, luz y materia como sistema

Los tres referentes revisados en este estado del arte: Paul Bik, Atelier Plateau y Eduardo Terrazas, no fueron elegidos por su cercanía geográfica entre sí, ni por ninguna relación temática explícita con el control solar o la arquitectura prehispánica. Fueron elegidos porque, desde disciplinas y contextos completamente distintos, los tres llegaron a una misma conclusión que esta investigación necesitaba verificar: la forma no existe de manera autónoma hasta que la luz, el material y la memoria cultural que ese material porta la completan.

Paul Bik lo demuestra a escala de pieza. Sus relieves en yeso, resina o, madera, monocromáticos, sin color que distraiga ni narrativa que oriente, funcionan como superficies de cálculo: el artista diseña la geometría, pero lo que el espectador percibe es el sistema de sombras que esa geometría produce al interactuar con la luz del espacio. Bik formó en psicología antes que, en arte, y esa formación es visible en su método: entiende que el ojo no registra el objeto sino el contraste.

Cada milímetro de profundidad en sus relieves es una decisión sobre dónde caerá la sombra y cómo esa sombra cambiará cuando el ángulo de la luz cambie. Para esta investigación, Bik ofrece una prueba contemporánea de que el relieve no es decoración: es el mecanismo mediante el cual una superficie plana adquiere capacidad de modular la luz.

Atelier Plateau desplaza esa misma lógica a la escala de la pared habitable. El dúo danés, formados en arquitectura espacial, no en artes plásticas, parte de un principio que comparten con Bik pero que aplican a otra dimensión: la superficie no es el soporte del diseño, es el diseño mismo. Sus relieves en estuco de dolomita o madera cambian de tonalidad a lo largo del día no porque estén iluminados artificialmente, sino

porque el ángulo de la luz natural se desplaza y las pequeñas profundidades de la textura responden a ese desplazamiento generando sombras que por la mañana no existían.

Lo que el estudio llama su atlas visual, el punto de partida de cada proyecto, una colección de atmósferas antes que de formas revela que el diseño comienza en la experiencia del espacio, no en la geometría del objeto. Esa secuencia atmósfera → textura → forma → luz— es exactamente la que esta investigación siguió al diseñar los prototipos de celosía para Morelia.

Eduardo Terrazas desplaza el argumento hacia un territorio que ninguno de los otros dos referentes habita: el de la forma prehispánica como sistema generador contemporáneo. Su obra demuestra que los patrones de las culturas indígenas mexicanas, los círculos concéntricos, las grecas escalonadas, los módulos que producen complejidad por repetición y variación, no son motivos decorativos ni citas históricas, sino principios formales activos capaces de operar en el lenguaje del arte abstracto internacional sin perder su identidad de origen.

Lo que Terrazas hace no es reproducir la forma prehispánica: la destila hasta encontrar su unidad mínima generadora y la pone a funcionar como sistema. Un módulo simple, repetido y rotado, produce una superficie de creciente riqueza visual exactamente como lo hacen los frisos del Palacio del Gobernador de Uxmal o las grecas de Xlapak.

Para esta investigación, Terrazas ofrece la demostración más directa de que la operación metodológica propuesta; analizar un referente formal ancestral, extraer su principio generador y traducirlo en un módulo replicable, no es una operación nueva ni

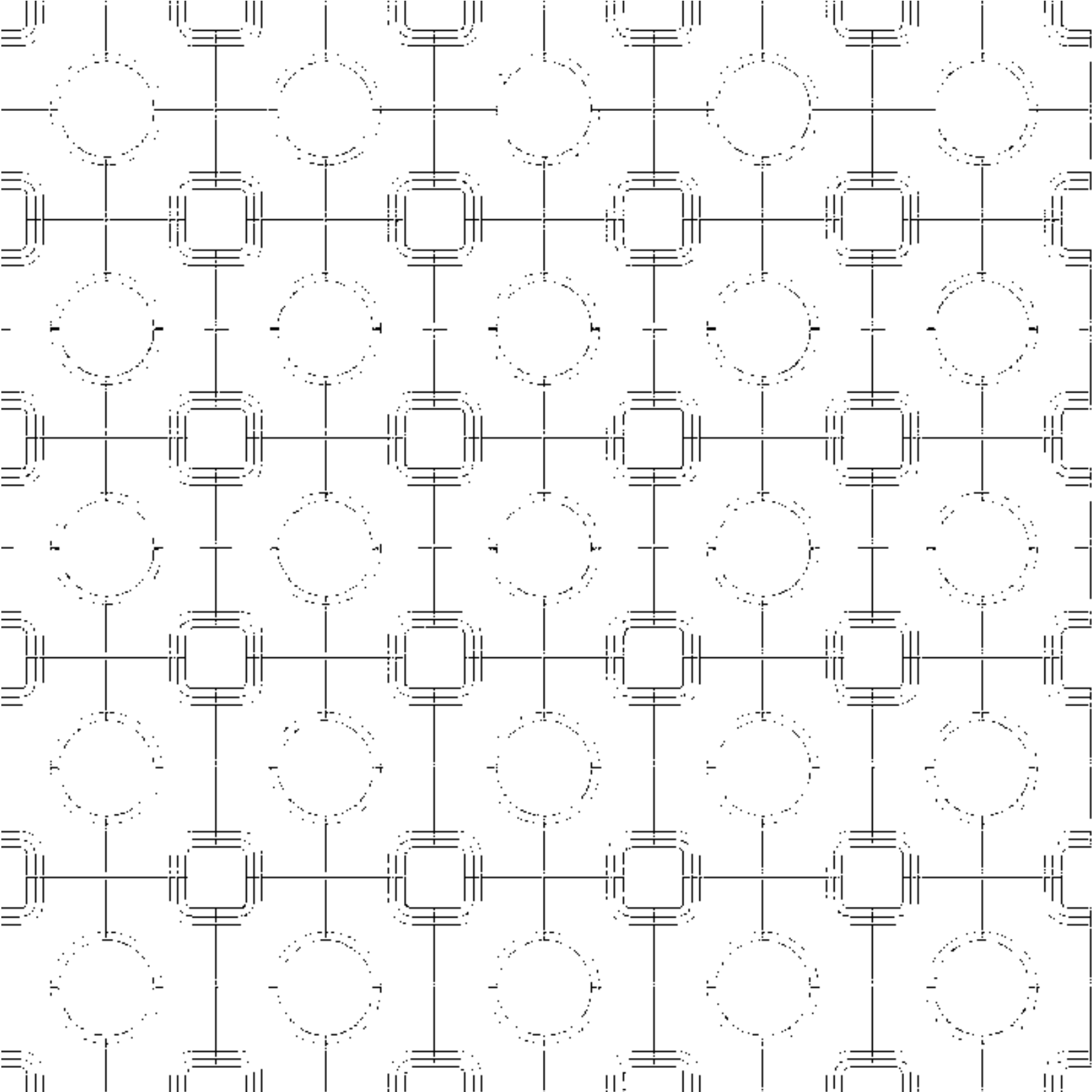
ajena a la tradición artística mexicana: es una práctica que ya tiene historia, resultados verificables y reconocimiento internacional.

La convergencia de los tres no es una coincidencia del estado del arte. Es la confirmación de un principio que el estilo Puuc ya había enunciado con precisión milimétrica mil años antes desde la Península de Yucatán. Los frisos de mosaico de piedra de Uxmal, los mascarones de Kabáh, las grecas escalonadas de Xlapak: ninguno de esos elementos funciona como forma cerrada en sí mismo.

Todos son superficies calculadas para que la luz del trópico los active, los transforme a lo largo del día y produzca sombras que no estaban previstas en el plano original pero sí en la intención del constructor. Lo que Bik hace en una pieza de treinta centímetros, lo que Atelier Plateau hace en una pared de cinco metros Puuc hicieron en piedra caliza: calcular cómo va a caer la sombra antes de cortar el material.

Esta investigación se inserta en esa misma tradición, no como continuación histórica sino como ejercicio metodológico. Si la forma se activa con la luz, entonces diseñar una celosía bioclimática para Morelia exige pensar simultáneamente en la geometría del módulo, en la textura de la mezcla y en la trayectoria solar.

Bik, Atelier Plateau y Terrazas no son antecedentes decorativos de este estado del arte: son el marco conceptual que justifica por qué el proceso experimental de esta tesis no se conformó con producir un objeto funcional, sino que aspiró a producir una forma, en el sentido pleno del término, que la luz de Morelia pueda ser parte de ella.



2.0 Procesos de diseño

2.1 Objetivos:

Objetivo General

Desarrollar un marco metodológico experimental para diseñar elementos arquitectónicos de control solar implantados en Morelia, Michoacán, que reduzca la incidencia solar interior y contribuya al confort térmico en un espacio, mediante la exploración de variables formales y materiales, adaptadas a clima semicálido-templado. Tomando como caso de estudio el estilo arquitectónico prehispánico Puuc para conceptualizar el prototipo.

Objetivos Particulares:

01 COMPONENTE TEÓRICO-CULTURAL

Explorar cómo la teoría clásica de la forma (simetría, ritmo, geometrías platónicas) puede informar decisiones de diseño contemporáneo de celosías. El estudio se ejemplifica mediante reinterpretación de principios Puuc, demostrando que el proceso de análisis formal → conceptualización → materialización es transferible a otros lenguajes estéticos como los prototipos producto de esta investigación.

02 COMPONENTE METODOLÓGICO

Desarrollar y validar una metodología experimental rigurosa para la optimización de celosías de control solar, incluyendo:

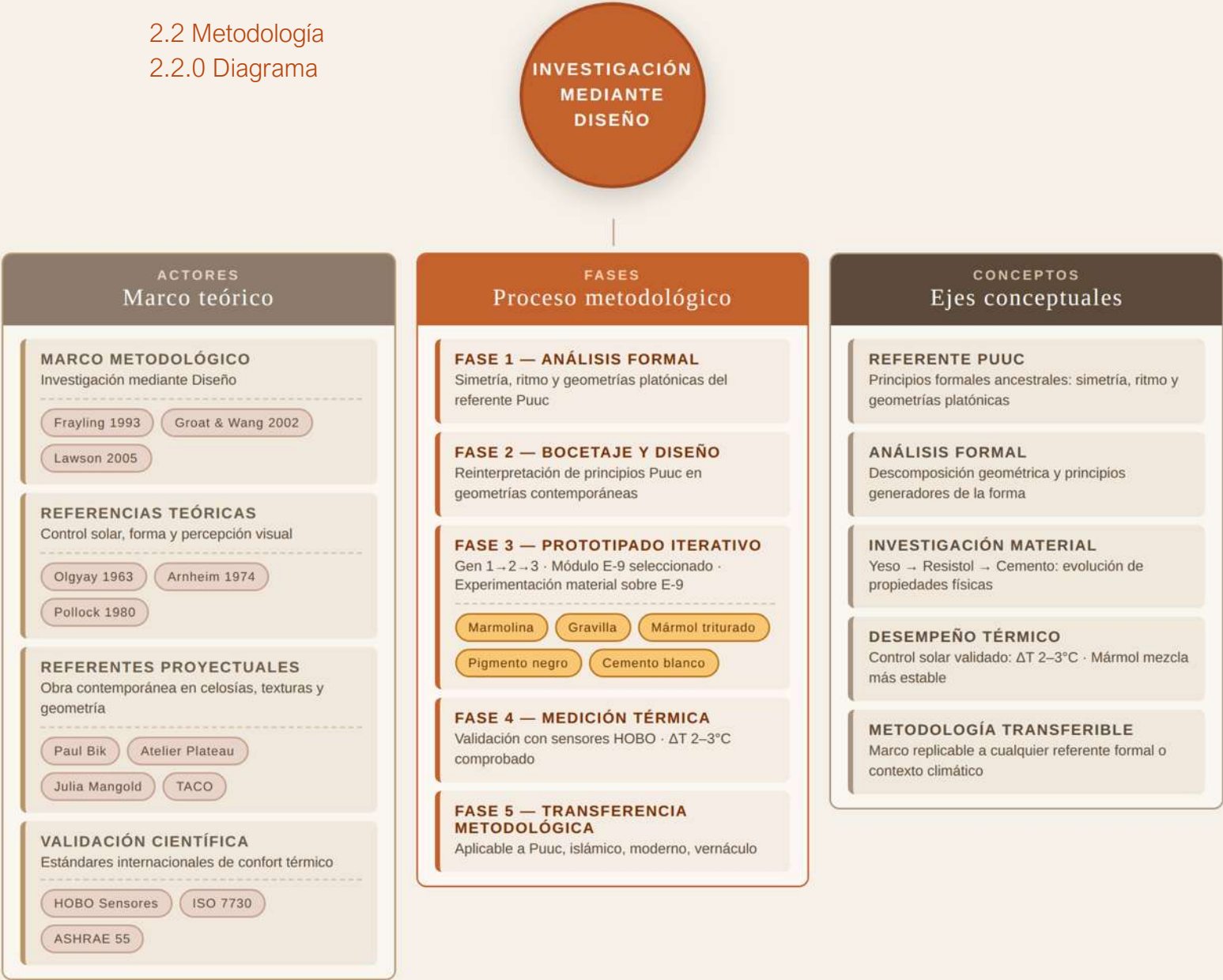
1. Análisis formal de principios de diseño elegidos
2. Generación de múltiples iteraciones formales
3. Pruebas con diferentes materiales y técnicas
4. Evaluación de desempeño térmico real mediante sensores HOBO durante días en período cálido, logrando diferencial térmico de 2-3°C en Morelia, Michoacán.

Esta metodología es aplicable a cualquier lenguaje formal que el diseñador elija.

03 COMPONENTE TANGIBLE

Producir un prototipo funcional escalable en diferentes materiales que demuestre la viabilidad de la metodología propuesta, validando que reduzca incidencia solar interior, sea durable, permita instalación modular, y sea reproducible y económico de producir. El prototipo sirve como prueba de concepto de que la metodología funciona independientemente del lenguaje formal de referencia.

2.2 Metodología
2.2.0 Diagrama



CENTRO ACTORES FASES CONCEPTOS

Imagen 21 Propuesta metodológica experimental

Marco Metodológico para la Conceptualización de

Principios Formales Ancestrales en Dispositivos de Control Solar

ARQ. ADRIANA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ · ASESOR: DR. JUAN ALBERTO BEDOLLA ARROYO · 2026

Frayling 1993 Groat & Wang 2002 Lawson 2005

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Incidencia solar en Morelia, Michoacán

Clima semicálido-templado · Latitud 19.7°N · Altitud ~1,920 msnm

FASE 1

RESEARCH INTO DESIGN — EXPLORATORIA

Análisis formal y marco conceptual

PRINCIPIOS PUUC

- Simetría y ritmo
- Geometría platónica
- Mascarones y relieves
- Control solar ancestral

Referente formal

CONTEXTO SOLAR · MORELIA

- Radiación anual: 3,371 h
- Pico abr–may · hasta 35 °C
- Mínimo ene–feb · 7.42 h/día
- Demanda dual: filtrar y permitir

Datos SMN · INECC 2021

ESTADO DEL ARTE

- Paul Bik — volumen y luz
- Atelier Plateau — textura
- Julia Mangold — geometría
- TACO Mérida — contextual

Referentes proyectuales

FASE 2

RESEARCH FOR DESIGN — EXPLICATIVA

Bocetaje y decisiones formales

BOCETO E-1

- Retícula geométrica
- Elementos verticales y horizontales
- Ritmo por repetición
- Inspiración: mascarones Puuc

BOCETO E-2

- Arco semicircular en rectángulo
- Tensión curva–recta
- Geometría de doble naturaleza
- Movimiento interior

BOCETO E-3 — SELECCIONADO ✓

- Arco dominante + verticalidad
- Jerarquía compositiva clara
- Referencias naturalistas Puuc
- Vacíos y sombras pertinentes

Base para prototipado

Prototipado e iteración experimental

CICLO EXPLORACIÓN → GENERACIÓN → EVALUACIÓN (LAWSON 2005)

GEN. 1 — PRIMER MOLDE

- Cartón → Unicel → Madera
- Experimentos E-1 a E-3
- Viabilidad del desmoldeo
- Fluidez y fraguado del yeso

Aprendizaje tácito

GEN. 2 — REFERENTES PUUC

- Análisis Xlapak · Uxmal · Labná
- Prototipos E-4, E-5, E-6
- Pino cepillado y lijado
- Forma y replicabilidad

Convergencia formal

GEN. 3 — E-9 MÓDULO SELECCIONADO ✓

- Pino cepillado desmontable
- Prototipos E-7, E-8 → **E-9 elegido**
- Bocetaje de uniones
- Base para experimentación material e higrotérmica

E-9 → fase 4

EXPERIMENTACIÓN MATERIAL SOBRE E-9 — MEZCLAS VACIADAS EN EL MISMO PROTOTIPO

Yeso base

Cemento + marmolina

Cemento + gravilla

Cemento + mármol triturado

Pigmento negro

Doble pigmento

Cemento blanco

Cada mezcla vaciada en el molde E-9 · Las mismas piezas se someten al análisis higrotérmico con sensores HOBO en Fase 4

Análisis higrotérmico — Sensores HOBO

INSTRUMENTOS MONITOREADOS

- Exterior — referencia ambiental
- Testigo — sin celosía
- Sensor Celosías general
- E-9 Marmolina · Gravilla · Mármol

Piezas E-9 · ISO 7730 · ASHRAE 55

RESULTADO CLAVE — TURNO TARDE

- Exterior: 31.9 °C (referencia)
- Marmolina: 40.4 °C (+8.5°)
- Mármol: 37.5 °C (+5.6°)
- Dif. Marmolina-Mármol: -2.9°

24 abr - 10 may 2026

CRITERIOS DE RIGOR · GROAT & WANG

- Reproducibilidad — moldes documentados
- Validez — sensores certificados
- Generalización — metodología transferible
- Método mixto cualitativo + cuantitativo

Validez científica

APORTACIÓN FINAL DE LA INVESTIGACIÓN

Marco metodológico transferible

Celosía — E-9 Sistema modular

Análisis formal → Bocetaje → Iteración experimental → Validación higrotérmica
Aplicable a cualquier referente formal · Replicable · Modular · Sostenible

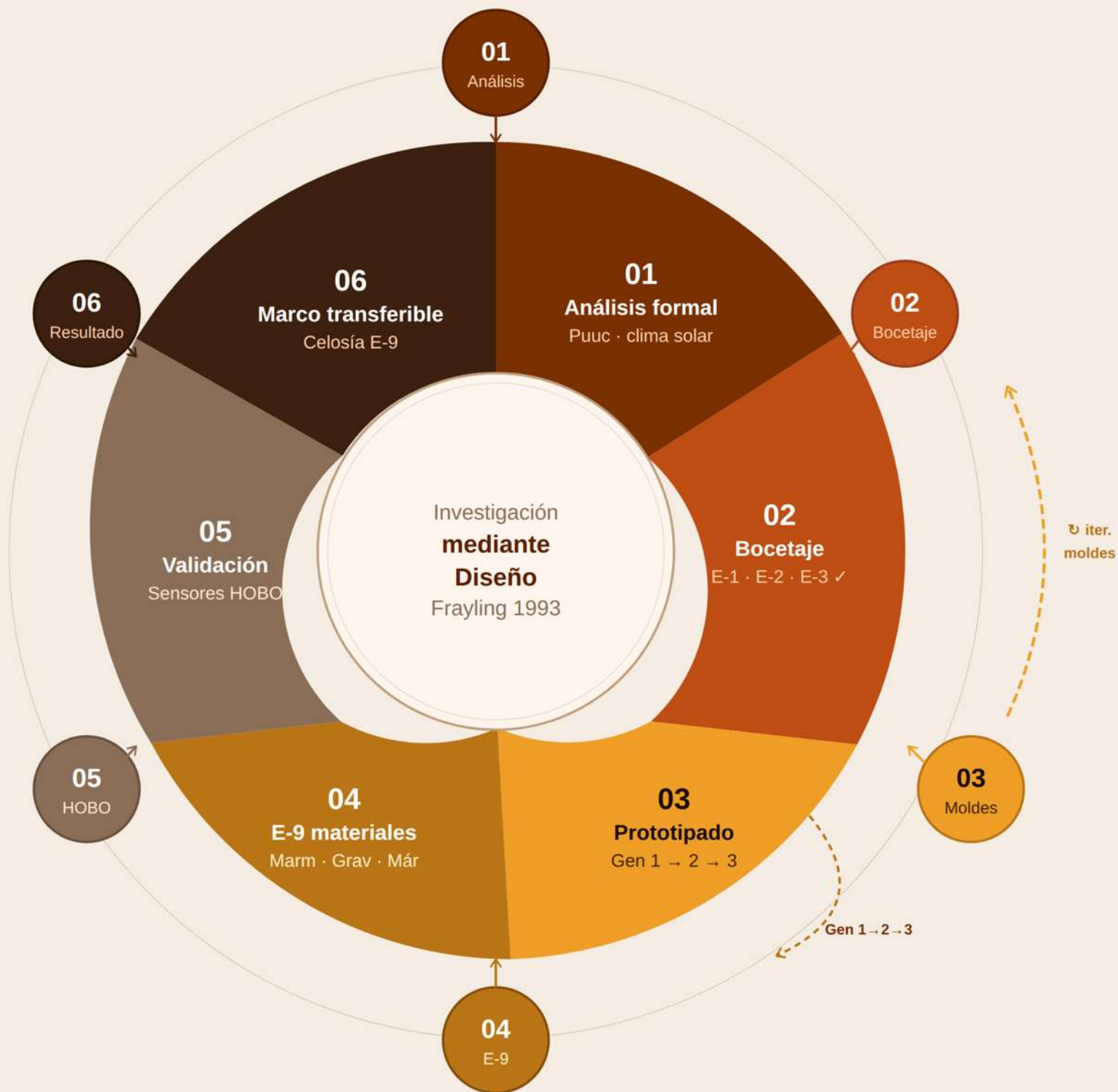


Imagen 23 Diagrama de Investigación

2.2.1 Propuesta de metodología experimental

Esta investigación se posiciona como un estudio de investigación mediante diseño (research throung design) que integra análisis formal, experimentación material y validación térmica para desarrollar un marco metodológico transferible a múltiples contextos arquitectónicos. La metodología propuesta se fundamenta en teóricos clave de investigación proyectual, el pensamiento de diseño avanzado y la arquitectura bioclimática, estableciendo un proceso riguroso que genera conocimiento simultáneamente teórico y práctico.

El enfoque de investigación mediante diseño es propuesto por Christopher Frayling 1993, el establece en tres tipos de investigación en diciplinas creativas: (1) Investigación SOBRE diseño: análisis teórico, histórico y crítico. (2) Investigación PARA el diseño: recopilación de datos que informan. (3) Investigación MEDIANTE diseño: el acto de diseñar genera conocimiento.

En esta investigación se ubica principalmente en la tercera categoría, aunque integra elementos de las dos primeras:

- **Fase 1 (Análisis Formal)** = Research INTO Design
 - Análisis teórico de principios formales, simetría, ritmo, geometrías platónicas
 - Revisión histórica de estrategias ancestrales de control solar
- **Fase 2 (Bocetaje y Diseño)** = Research FOR Design
 - Recopilación de datos sobre incidencia solar en Morelia
 - Análisis de materiales disponibles, propiedades térmicas

- **Fases 3 & 4 (Prototipado e Iteración Experimental + Validación Térmica) = Research THROUGH Design**

- El diseño iterativo de moldes genera conocimiento sobre comportamiento formal
- La construcción de prototipos revela relaciones material-forma-desempeño
- La experimentación térmica valida hipótesis de control solar

Según Frayling, el prototipado iterativo no es “prueba y error”, cada iteración produce evidencia valida que informa decisiones posteriores. En este sentido, la materialización de celosías mediante el vaciado con diferentes materiales constituye una investigación científica que genera tanto conocimiento tácito, o sea aprendizaje experiencial, como conocimiento explícito, siendo los datos medibles.⁷⁴

Para estructurar este proceso de manera rigurosa, la investigación adopta el marco de tres dimensiones metodológicas propuesto por Linda Groat y David Wang en 2002 en *Architectural Research Methods*:

Groat and Wang identifican tres naturalezas de pregunta para la investigación:

Tabla 1 Groat and Wang, tres dimensiones metodológicas.

TIPO	PREGUNTA	APLICACIÓN EN ESTA INVESTIGACIÓN
Exploratoria	¿Qué sucede? ¿Qué existe?	¿Cuáles son los principios formales? ¿Cómo operan en control solar?
Explicativa	¿Por qué sucede? ¿Cuál es la causa?	¿Por qué la simetría y ritmo contribuyen al control de incidencia solar?
Evaluativa	¿Funciona bien? ¿Cumple objetivos?	¿El prototipo logra reducción térmica de 2-3°C? ¿Es replicable y modular?

74 Frayling, C. (1993). "Research in Art and Design." Royal College of Art Research Papers, vol. 1, no. 1.

Esta investigación integra las tres naturalezas:

- Es **exploratoria** porque descubre y documenta principios formales aplicables a control solar
- Es **explicativa** porque establece relaciones causales entre geometría formal y desempeño ambiental.
- Es **evaluativa** porque valida mediante sensores HOBO si el prototipo cumple con objetivos de confort térmico.

De acuerdo al método que Groat and Wang distinguen, está investigación se enfoca en el método mixto ya que tiene una integración de cualitativo y cuantitativo. Hace un análisis formal cualitativo (Fase 1-2) informa diseño; prototipado iterativo genera datos materiales; validación térmica cuantitativa (Fase 4) comprueba hipótesis formales. También establecen tres criterios de rigor:⁷⁵

Tabla 2 Groat and Wang, método

Criterio	Definición	Cómo se cumple
Reproducibilidad	¿Otros pueden repetir el estudio y obtener resultados similares?	Moldes documentados con especificaciones exactas; procedimientos de vaciado estandarizados; protocolos de medición HOBO replicables
Validez	¿Se mide realmente lo que se pretende medir?	Sensores HOBO son instrumentos validados científicamente (ISO 7730, ASHRAE 55); análisis formal documentado mediante fotografía y medición.

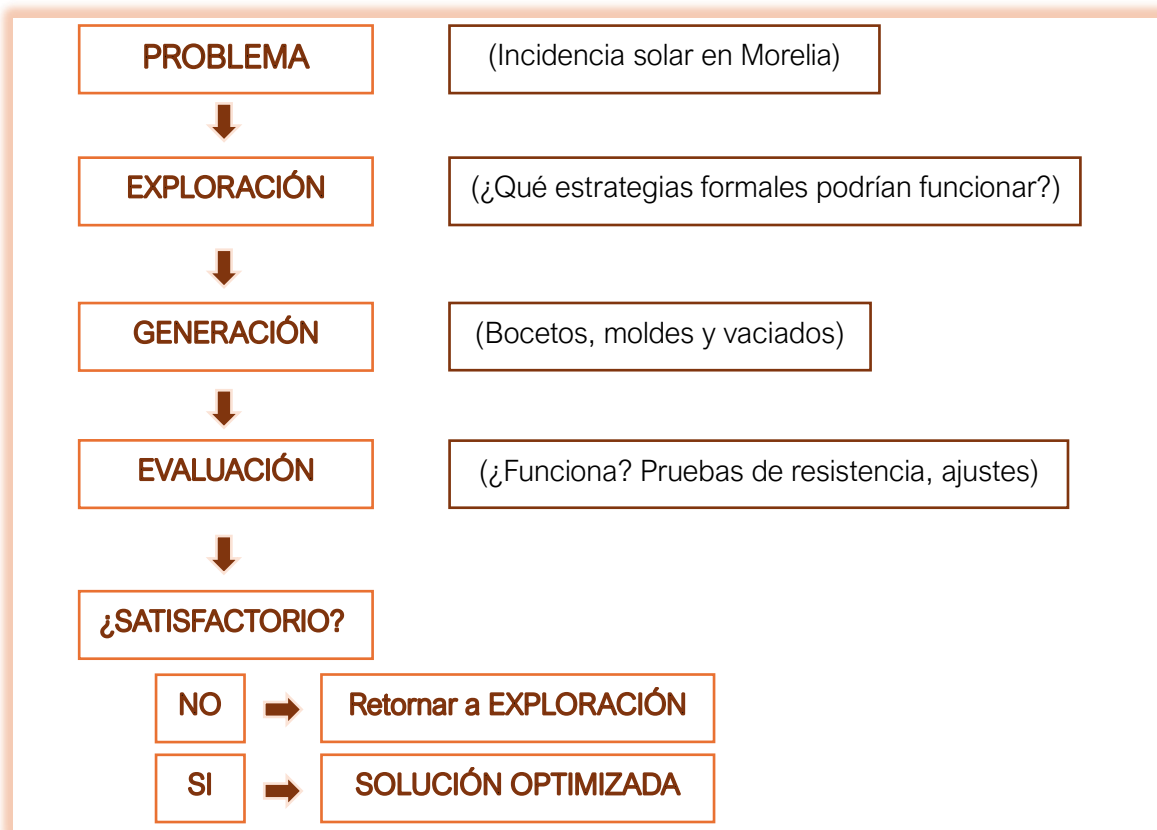
75 Groat, L., & Wang, D. (2002). Architectural Research Methods. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons.

Generalización	¿Los hallazgos aplican más allá del caso específico?	La metodología es transferible: análisis formal → bocetaje → iteración → validación puede aplicarse a cualquier lenguaje formal (islámico, moderno, vernáculo contemporáneo)
----------------	--	--

Bryan Lawson en 2005 en *How Designers Think* establece que el pensamiento de diseño es un método científico válido fundamentado en iteración sistemática, no lineal.⁷⁶

⁷⁶ Lawson, B. (2005). *How Designers Think: The Design Process Demystified*. 4th ed. Oxford: Architectural Press.

Tabla 3 Bryan Lawson pensamiento de diseño como método



La aplicación en esta investigación es a partir de los ciclos de exploración-generación-evaluación documentada. Cada etapa explora diferentes variantes formales. Cada molde se evalúa en: estabilidad estructural, desmoldeo y replicabilidad. Y los resultados informan la siguiente iteración. Se logra una convergencia hacia la solución óptima a partir de una síntesis de aprendizajes previos. Según Lawson, este proceso genera dos tipos de pensamiento coexistentes: el divergente que genera

múltiples soluciones y el convergente que selecciona la solución óptima. Ambos son necesarios y científicamente válidos. Es una exploración sistemática que produce evidencia sobre qué funciona y por qué.

Lawson enfatiza que el “aprender haciendo” (learning by doing) genera conocimiento válido. En esta investigación: construir moldes en cartón/polipropileno/madera produce conocimiento sobre la viabilidad técnica. Realizar vaciados con yeso/cemento genera comprensión sobre fluidez, fraguado, desmoldeo. Probar combinaciones de mezclas (yeso+pintura, cemento+marmolina cemento+mármol triturado, cemento+gravilla) revela comportamiento material. Evaluar resultados produce criterios para la siguiente iteración.

Lawson subraya que el pensamiento de diseño es transferible porque:

1. **Método es sistemático** (puede documentarse y replicarse)
2. **Principios son abstractos** (simetría, ritmo, proporción funcionan en múltiples lenguajes)
3. **Proceso es documentable** (no depende de "genio individual")
4. **Objetivo es comprobable** (desempeño medible en cualquier contexto)

Así, la aportación final de esta investigación es: "Un marco metodológico que demuestra cómo principios formales ancestrales de cualquier tradición pueden traducirse en dispositivos contemporáneos, sostenibles y modulares mediante investigación experimental rigurosa".

Uno de los precedentes de metodología transferible es el proyecto del Arquitecto Alejandro Aravena (2016) con su Incremental Housing establece precedente similar:

desarrolló un protocolo de diseño iterativo que funciona en Chile, Perú, México, África. No es "una casa para todos", sino un proceso que adapta lo local a lo global.⁷⁷

De manera análoga, esta investigación propone un proceso que adapta lo ancestral (Puuc) a lo contemporáneo (control solar en Morelia), pero cuya metodología sirve para cualquier referente formal. En cuanto a la decisión de celosías como elemento de diseño, podemos mencionar el trabajo de Víctor & Aladar Olgyay (1963) en *Design with Climate* demostraron que celosías arquitectónicas bien diseñadas reducen incidencia solar y mejoran confort térmico.⁷⁸ Específicamente:

- Celosías con principios geométricos claros (simetría, ritmo) generan patrones de sombra predecibles.

En climas semicálidos (como Morelia, 19.7°N), una reducción de 2-3°C Una pregunta legítima al leer esta investigación es: ¿por qué tomar el Puuc un estilo arquitectónico del trópico yucateco como referente formal para una celosía diseñada para el clima templado de Morelia? La respuesta no es geográfica sino metodológica.

El estilo Puuc floreció en un contexto climático donde la radiación solar horizontal es intensa y prácticamente constante a lo largo del año. Sus constructores respondieron a esa condición desarrollando un sistema de relieves, mascarones y frisos en mosaico de piedra que no solo eran ornamentales, sino que funcionaban como dispositivos activos de control lumínico: generaban sombra propia, modulaban la entrada de radiación directa y producían variaciones de temperatura en la superficie

⁷⁷ Aravena, A. (2016). *Incremental Housing and Participatory Design Manual*. Zurich: Park Books.

⁷⁸ Olgyay, V., & Olgyay, A. (1963). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton: Princeton University Press.

de la fachada. Es decir: la arquitectura Puuc ya había resuelto el problema del control solar mediante la forma.

- Morelia no es Uxmal. El clima es distinto, la latitud es diferente y el contexto cultural es otro. Pero el principio que el Puuc demuestra que la forma arquitectónica puede ser un dispositivo de control solar eficaz, sin sistemas mecánicos es completamente transferible. La investigación mediante diseño propuesta por Frayling establece que lo que se aprende de un referente no es la forma en sí, sino el proceso generador. En este caso: analizar las condiciones climáticas del lugar, identificar los principios formales que las resuelven, destilarlos en una unidad mínima y fabricar esa unidad de manera replicable. es significativa para confort interior.
- Estrategias pasivas (forma, material, orientación) son más sostenibles que activas (aire acondicionado)

Kenneth Yeang (2006) avanza esta idea con Ecodesign: el control solar no es "agregado", sino integrado en la forma arquitectónica misma. Una celosía no es decoración, es desempeño.⁷⁹

El resultado no es únicamente un prototipo de celosía para Morelia, sino un marco metodológico demostrativo que prueba cómo principios formales ancestrales de cualquier tradición puede ser reinterpretados científicamente para generar dispositivos contemporáneos, modulares y replicables.

⁷⁹ Yeang, K. (2006). Ecodesign: A Manual for Ecological Design. London: Thames & Hudson.

Protocolo para el diseño experimental de celosías bioclimáticas

a partir de referentes formales de cualquier tradición arquitectónica



2.2.2 Contexto climático y solar de sitio: Morelia, Michoacán

Antes de que el proceso experimental comenzara con el primer trazo, hubo un conjunto de condiciones que ya estaban ahí: la latitud, la trayectoria del sol, los meses en que el calor se vuelve más presente y los meses en que la mañana amanece fría. Diseñar una celosía bioclimática para Morelia sin conocer esas condiciones con precisión equivaldría a diseñar a ciegas. Por eso, antes de iniciar el bocetaje, fue necesario establecer el contexto climático y solar del sitio como el primer argumento del diseño.

2.2.2.1 El clima de Morelia: entre la templanza y la variabilidad

Morelia se ubica en el estado de Michoacán, a una altitud de aproximadamente 1,920 metros sobre el nivel del mar y a una latitud de 19.7°N. Su clima está clasificado como semicálido-templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano, una categoría que, leída con cuidado, revela una doble exigencia para el diseño arquitectónico: hay períodos en que el edificio debe proteger del calor, y períodos en que debe permitir que el calor entre.

Esta dualidad no es menor. A diferencia de climas tropicales o desérticos donde la demanda de control solar es prácticamente constante a lo largo del año, el clima de Morelia exige selectividad: un dispositivo que bloquee la radiación en verano pero que la deje pasar en invierno. Esa exigencia fue, desde el inicio, el argumento central que orientó el diseño del prototipo.

2.2.2.2 Comportamiento solar a lo largo del año

El sol no se comporta igual en abril que en enero. En Morelia, la radiación solar anual acumula 3,371 horas, distribuidas de manera marcadamente irregular entre las estaciones:

- **Período de máxima insolación — abril y mayo:** la duración efectiva de luz solar alcanza hasta 10.93 horas diarias. Las temperaturas máximas pueden llegar a 35 °C en condición de exposición directa, con índices de radiación que superan la capacidad de amortiguación pasiva de muchos materiales convencionales. Es el período crítico: la incidencia solar directa sobre fachadas orientadas al sur y al poniente genera ganancias de calor que elevan la temperatura interior entre 3 y 8 °C respecto a las condiciones óptimas de confort.
- **Período de mínima insolación — enero y febrero:** la duración solar cae a 7.42 horas diarias y las temperaturas mínimas descienden hasta los 5 °C en las madrugadas. En estos meses, la ganancia solar pasiva es deseable: un dispositivo que filtre toda la radiación resultaría contraproducente, convirtiendo el interior en un espacio frío cuando el sol podría ser un recurso térmico.
- **Período intermedio — junio a agosto:** las lluvias de verano moderan las temperaturas, pero la radiación directa sigue siendo significativa, especialmente en las horas centrales del día. La nubosidad actúa como regulador natural, pero no de manera constante ni predecible.

Esta distribución estacional fue el dato que convirtió al control solar selectivo en el criterio de diseño dominante de este proyecto. Una celosía que solo bloquee no sirve en Morelia; debe saber cuándo dejar pasar.

2.2.2.3 La demanda dual: filtrar y permitir

La pregunta que el clima de Morelia plantea al diseñador no es ¿cuánto calor quiero bloquear?, sino ¿cómo puedo regular la radiación de manera diferenciada según la estación? Esa pregunta tiene dos respuestas posibles, no excluyentes entre sí:

La primera es formal: la geometría del módulo determina el ángulo de incidencia solar que pasa y el que se detiene. En latitudes tropicales-templadas como la de Morelia, el sol de verano está alto en el cielo y el de invierno bajo; esto significa que una

celosía con relieves horizontales voladizos o escalones puede bloquear la radiación directa de verano mientras permite el paso de la luz rasante de invierno.

La segunda es material: la composición del agregado en la mezcla de cemento determina la inercia térmica del elemento, es decir, su capacidad para absorber calor durante el día y liberarlo lentamente por la noche. Esta es la razón por la que la fase de experimentación material con sensores HOBO no fue un añadido técnico al proceso, sino una parte constitutiva de él: el material de la celosía no es solo la piel del objeto, es su capacidad de respuesta al clima.

Tabla 4 Datos climáticos, Morelia, Michoacán, Mx.

Datos climáticos de referencia — Morelia, Michoacán

Latitud: 19.7° N · Altitud: ~1,920 msnm · Clima: semicálido-templado subhúmedo
Radiación solar anual: 3,371 horas totales
Máxima insolación: abril–mayo · 10.93 h/día · T máx hasta 35 °C
Mínima insolación: enero–febrero · 7.42 h/día · T mín hasta 5 °C

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (2021). Normales climatológicas 1981–2010: Morelia, Michoacán. CONAGUA. / INECC (2019). Climograma estatal por mes (1985–2018): Michoacán.

2.3 Experimentación

El desarrollo de esta fase experimental parte del reconocimiento de que el control de la incidencia solar en arquitectura no constituye únicamente un problema técnico, sino también uno cultural y formal. En el contexto específico de Morelia, Michoacán con su clima semicálido-templado y su latitud de 19.7°N, la necesidad de reducir la radiación solar directa durante el período cálido, en particular entre los meses de abril y mayo, puede ser atendida de manera más sostenible mediante estrategias pasivas que a través de sistemas mecánicos activos.

Con este fundamento, la presente fase traduce el marco conceptual y metodológico construido en las secciones anteriores en un proceso iterativo de diseño, materialización y evaluación. El concepto de celosía, entendido aquí como un elemento arquitectónico que regula la entrada de luz y calor mediante patrones modificadores de sombra y ventilación, se resignifica para adaptarse a las exigencias del diseño avanzado contemporáneo.

La riqueza formal del estilo Puuc sus relieves calados, su geometría platónica y su maestría en el control solar pasivo se emplea como fuente de inspiración primaria. La investigación mediante diseño, posicionada en la tercera categoría propuesta por Frayling, establece que el acto mismo de diseñar y prototipar genera conocimiento válido y transferible: cada iteración constituye una unidad de evidencia que informa las decisiones subsecuentes.

Antes de iniciar el proceso experimental propio, resulta pertinente situar esta investigación dentro de la práctica arquitectónica mexicana contemporánea que ya ha explorado la celosía como dispositivo de control solar en climas cálidos. El trabajo del despacho TACO, Taller de Arquitectura Contextual, con sede en Mérida, Yucatán,

constituye un antecedente proyectual directo que ilustra cómo los principios de materialidad local, modularidad y respuesta climática pueden articularse en proyectos contruidos y documentados.

Su enfoque que integra factores tangibles como el clima y la materialidad con factores intangibles como la cultura y la memoria del lugar guarda una estrecha analogía con la metodología contextual que esta investigación propone.

El análisis de cuatro proyectos de TACO —*Casa Gabriela* (2015), *NOON Afterschool* (2017), *Pórtico Palmeto* (2018) y el *Pabellón Fundadores Al Modar* (2020)— permite identificar decisiones de diseño que actúan como precedente directo para las iteraciones de esta tesis.

El uso del cemento como material base en clima cálido, la modularidad y replicabilidad como criterios de viabilidad constructiva, la exploración iterativa de materiales y la integración de referentes culturales locales en la forma arquitectónica son puntos de convergencia que justifican las decisiones tomadas durante el proceso experimental propio.

La siguiente tabla sintetiza este análisis comparativo y explicita el vínculo con cada etapa del proceso.

Proyecto	Año	Tipología	Material	Tipo	Función climática	Estrategia formal	Nexo con esta investigación
Casa Gabriela Mérida, Yucatán · 85 m²	2015	Vivienda unifamiliar	CEMENTO Bloques vibro-comprimidos prefabricados. Sistema constructivo local de la región.	FIJA	☀ Control solar ☁ Lluvia 🌀 Huracanes 🗝 Seguridad	Bloque modular repetible. Patrón regular genera sombra predecible en fachada.	• Valida el cemento como material base viable en clima cálido mexicano — adoptado en iteraciones E-3 / E-4 • Modularidad y replicabilidad como criterios de evaluación del prototipo final • Precedente de celosía fija + prefabricada como estrategia pasiva
NOON Afterschool Mérida, Yucatán	2017	Equipamiento educativo	METAL Y MADERA Herrería y elementos de madera. Combinación para cerramiento permeable.	SEMIABIERTA	☀ Filtro solar 👁 Control visual 🚧 Delimitación	Ritmo de elementos verticales. Transición gradual exterior–interior mediante filtros.	• Prueba con múltiples materiales — paralela a las fases de molde en cartón, unicel y madera (Moldes E-1 → E-3) • Espacio de transición con celosía como generador de atmósfera luminica — función sensorial buscada en los prototipos propios
Pabellón Fundadores Al Modar Mérida, Yucatán	2020	Pabellón comercial	CONCRETO APARENTE Concreto + herrería oxidada + vidrio serigrafiado.	FIJA	☀ Control solar 🌀 Ventilación norte 🌫 Cultura regional	Referente cultural local reinterpretado. Forma y función climática coexisten.	• Espejo directo de la metodología de esta tesis: tradición cultural → forma → desempeño térmico. El mismo camino Puuc → Morelia • Concreto aparente valida las mezclas marmolinas + cemento blanco de la Fase 3–4 • Ventanal norte → estrategia de diferencial térmico validada con sensores HOBO
Pórtico Palmeto Mérida, Yucatán · 135 m²	2018	Taller multifuncional	CONCRETO Y VEGETACIÓN Pórtico de concreto con palmas. Filtro natural integrado.	PÓRTICO	☀ Filtro solar 🌿 Vegetación 🗝 Umbral pub./priv.	Planos permeables en secuencia. Sombra variable según hora y estación del año.	• Sombra variable por hora — mismo principio del estudio de incidencia estacional en Morelia (cálido abr–may / frío ene–feb) • Diseño de contexto local (clima, cultura, materiales) como metodología viable y replicable — argumento central de esta tesis

Tabla 5, Análisis referente TACO

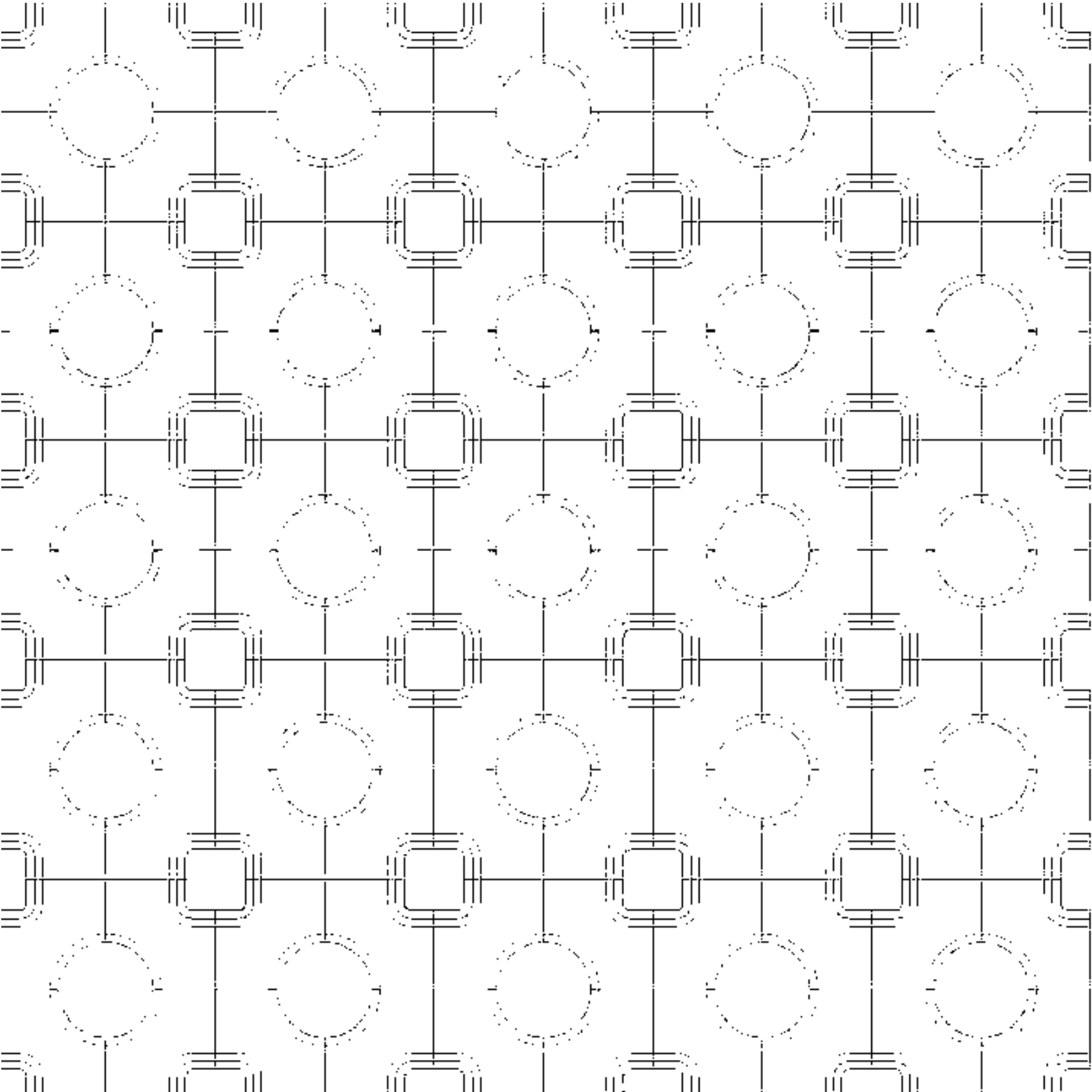
Al antecedente proyectual se suman los referentes formales y estéticos que orientan la dimensión visual y sensorial de los prototipos. Paul Bik, con su exploración de volúmenes en relieve que juegan con la luz y la sombra para crear experiencias táctiles y visuales, aporta un enfoque sobre materialidad y tridimensionalidad que enriquece la experimentación formal. Atelier Plateau enfatiza el diálogo entre luz natural y textura, generando superficies que modulan la iluminación ambiental de manera precisa y sensorial.

Finalmente, Eduardo Terrazas, arquitecto y artista mexicano, trabaja con patrones geométricos derivados de tradiciones formales prehispánicas, círculos concéntricos, grecas, módulos de repetición y variación, demostrando que la forma ancestral puede destilarse en una unidad mínima capaz de generar complejidad visual contemporánea por simple repetición y rotación, principio generador que orienta directamente el diseño modular de los prototipos de esta investigación.

La convergencia de estos referentes la tradición climática ancestral del Puuc, la práctica contextual contemporánea de TACO y la exploración plástica de Bik, Plateau y Terrazas orienta el proceso experimental hacia la creación de prototipos que responden tanto a condiciones climáticas específicas como a conceptos estéticos integrados.

En este capítulo se desarrollan y evalúan dispositivos experimentales que buscan disminuir la incidencia solar directa, modular la luminosidad interior y generar espacios sensibles y confortables, coherentes con un diseño avanzado que conjuga cultura, tecnología y expresión artística. Esta fase constituye el puente entre la teoría y la práctica: la observación crítica, el modelado geométrico solar y la exploración

material convergen para ofrecer soluciones innovadoras, contextualizadas y sostenibles.



2.3.1. Bocetos

La fase de bocetaje constituye el primer momento de traducción formal de esta investigación: el instante en que los principios conceptuales identificados en el análisis del estilo Puuc: simetría, ritmo, geometría platónica, dejan de ser categorías descriptivas para convertirse en decisiones de trazo. El boceto, dentro de la metodología de investigación mediante diseño, cumple una función epistemológica precisa: permite explorar, confrontar y afinar posibilidades formales sin el costo material que implica la fabricación física, actuando como hipótesis visual que la fase de prototipado posterior pondrá a prueba.

Los tres bocetos iniciales —E-1, E-2 y E-3— fueron elaborados a partir del análisis directo de referentes arquitectónicos del estilo Puuc, descomponiendo cada edificio en sus elementos geométricos mínimos y operando sobre ellos mediante transformaciones de escala, combinación y superposición.

E - 1

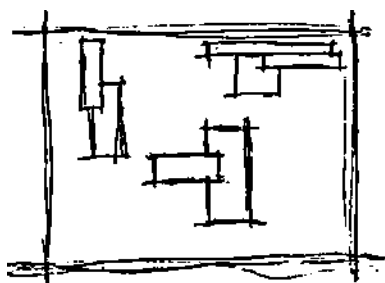


Imagen 25 Boceto E-1

E - 2

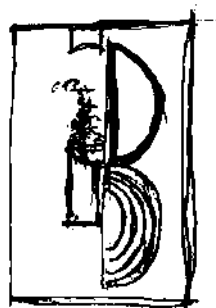


Imagen 26 Boceto E-2

E - 3

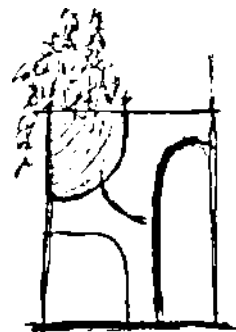


Imagen 27 Boceto E-3

Boceto E-1 : Composición de líneas rectas, elementos verticales y horizontales que se cruzan en ángulo de 90°, con una estructura reticular que recuerda los mascarones geométricos del Puuc. Predomina la verticalización del plano y el ritmo mediante repetición de unidades similares a distintas escalas. La trama abierta sugiere ya la función de filtro: hay vacío entre los elementos, no masa sólida.

Boceto E-2 : Aquí aparece una forma curva semicírculo o arco inscrita dentro de un rectángulo vertical. Es el único de los tres con tensión entre geometría recta y curva. El trazo más orgánico en el interior contrasta con el encuadre rígido, lo que genera una composición de doble naturaleza: contención formal y movimiento interior.

Boceto E-3 : Vuelve la verticalidad, pero con formas más abiertas y fluidas. Aparece un arco rebajado en la base y una forma vegetal o natural en la parte superior, lo que sugiere una búsqueda de integración entre lo geométrico y lo orgánico, en línea con las "referencias naturalistas abstractas" que se describe en este trabajo como característica del estilo Puuc.

De los tres bocetos explorados, **E-3** fue seleccionado como punto de partida para la materialización física. La elección responde a criterios tanto formales como funcionales: de los tres, es el que establece con mayor claridad una jerarquía compositiva entre sus elementos la línea recta vertical como estructura contenedora, el arco de gran escala como forma dominante y el arco rebajado menor como contrapunto, generando una composición que, aun en su sencillez, produce una variedad de vacíos y sombras proyectadas que resulta pertinente para un dispositivo de control solar.

A esto se suma la presencia de referencias naturalistas abstractas en la parte superior del boceto, coherentes con el vocabulario formal del estilo Puuc, que dotan a la pieza de una dimensión simbólica sin comprometer su legibilidad geométrica. La decisión de llevar E-3 al estado físico implica también una primera hipótesis material: que la forma dibujada es traducible a un molde, y que ese molde puede producir una pieza que conserve tanto la intención formal

del boceto como la capacidad de articularse en módulos repetibles. Es en ese tránsito del trazo al volumen, del papel al yeso donde comienza propiamente la investigación mediante diseño.

2.3.1.1 Primer molde – Cartón

Una vez seleccionado el boceto E-3 como forma de partida, el proceso avanzó hacia su primera materialización tridimensional. La decisión de construir el molde inicial en cartón respondió a una lógica deliberada dentro de la metodología iterativa: antes de invertir en materiales más costosos o difíciles de trabajar, el cartón permite verificar rápidamente si la forma dibujada es viable en tres dimensiones, y evaluar tanto la escala como las proporciones de la pieza en condiciones reales.

Las dimensiones establecidas para este primer prototipo fueron $30 \times 30 \times 5$ cm. Esta escala no es arbitraria: implica una pieza lo suficientemente grande para percibir el comportamiento de la sombra proyectada y valorar la legibilidad de la forma, pero lo suficientemente manejable para trabajarla en el contexto de un proceso experimental de taller. Los materiales empleados para la construcción del molde fueron cartón, polipropileno, cúter, escalímetro y tabla de corte; la mezcla de vaciado consistió en yeso, Resistol blanco y agua.

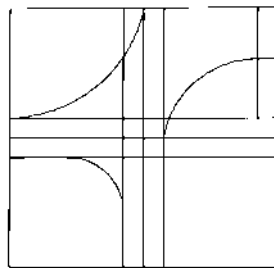
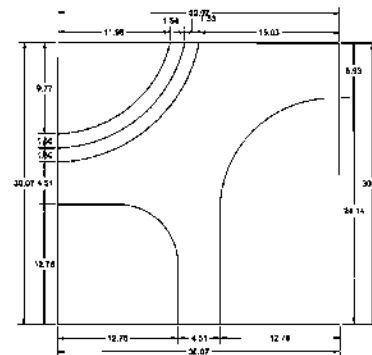


Imagen 28 Dibujo digital, prototipo E-3



Este primer molde tuvo como objetivo principal responder dos preguntas concretas: si la forma del boceto E-3 conserva su intención compositiva al traducirse al volumen, y si las dimensiones propuestas resultan adecuadas para el propósito de la celosía. En ese sentido, el resultado de esta etapa no se mide únicamente por la calidad de la pieza obtenida, sino por el conocimiento generado sobre las condiciones materiales y dimensionales que deberán considerarse en las iteraciones siguientes.



Imagen 29 Cortes

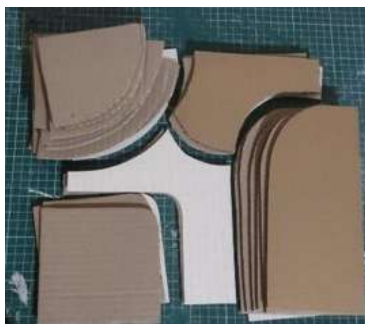


Imagen 30 Despiece de molde



Imagen 31 Primer molde

Observaciones – Primer molde (cartón)

El resultado de esta primera iteración fue la fractura del prototipo al momento del desmolde. El análisis del fallo permite identificar dos causas simultáneas e interdependientes: por un lado, el cartón absorbió la humedad del yeso durante el proceso de fraguado, lo que provocó la deformación del molde y la pérdida de la geometría original de la pieza; por otro, el yeso, al ser un material de fraguado rápido y alta rigidez, no toleró las irregularidades generadas por esa deformación, fracturándose en el momento en que se intentó separarlo del molde.



Imagen 32 Primer experimentación de la forma en prototipo físico.

La imagen resultante del prototipo fracturado en varios fragmentos no representa un fracaso del proceso, sino su primera fuente de datos materiales. De ella se extraen dos aprendizajes concretos que condicionarán las decisiones de la iteración siguiente: primero, que el material del molde debe ser impermeable o al menos resistente a la humedad para mantener su geometría durante el vaciado; segundo, que la mezcla de yeso requiere un aditivo que retrase el fraguado y mejore su trabajabilidad, reduciendo la tensión interna de la pieza durante el proceso de endurecimiento.

Estos aprendizajes orientan directamente el paso a la segunda iteración, en la que las partes de cartón del molde serán sustituidas por unicel, material que no absorbe humedad y permite conservar la forma original de la pieza hasta el desmolde.

2.3.1.2 Segundo molde – Unicel



Imagen 33 Segundo molde



Imagen 34 Vaciado



Imagen 35 Desmolde

Observaciones – Segundo molde (unicel)

La sustitución del cartón por unicel en la construcción del molde produjo un resultado cualitativamente distinto al de la iteración anterior. Al no absorber la humedad del yeso, el unicel mantuvo su geometría durante todo el proceso de fraguado, permitiendo que la pieza conservara la forma prevista en el boceto E-3: el arco de medio punto, la moldura horizontal superior y los planos verticales que definen el volumen. Por primera vez, la intención compositiva del dibujo se hizo presente en tres dimensiones.



Imagen 36 Segunda experimentación de la forma E - 3

Sin embargo, la iteración también generó un aprendizaje no previsto: la textura característica del unicel quedó transferida a la superficie de la pieza, produciendo un acabado rugoso y poroso que, si bien no compromete la forma, introduce una variable material a considerar en las fases siguientes. Este fenómeno evidencia que el molde no es un instrumento neutro su materialidad deja huella en el objeto que produce.

A partir de este resultado, la investigación avanzó hacia una segunda operación formal: la replicación de la pieza en espejo. Colocando una pieza junto a su imagen invertida, se comenzó a explorar el comportamiento compositivo del módulo al articularse con otro igual: cómo se relacionan los arcos, qué nuevos vacíos y llenos emergen de la unión, y si la lógica rítmica del estilo Puuc basada en la repetición y la simetría puede reproducirse mediante la multiplicación de una sola unidad. Esta prueba de ensamble, todavía informal, sentó las bases para las decisiones de escala y sistema modular que orientarían las etapas posteriores de la experimentación.



Imagen 37 Experimentación de la forma E - 3

Observaciones – Pieza espejo y decisión de cambio de material en el molde

La pieza obtenida mediante el molde espejo permitió realizar la primera evaluación del comportamiento modular de la forma. Al colocar ambas piezas juntas la original y su imagen invertida emergió una composición nueva: los arcos de cada unidad se complementan generando un vacío central que no estaba previsto en el boceto individual, pero que resulta coherente con la lógica compositiva del estilo Puuc, donde la repetición y la simetría producen patrones de mayor complejidad a partir de unidades simples. Este hallazgo confirmó el potencial de la forma elegida como módulo de celosía replicable.



Imagen 38 Experimentación de la forma E-3, unión de prototipos.



Imagen 39 Experimentación de la forma E- 3. Unión de prototipos.

No obstante, la comparación directa entre ambas piezas también expuso las limitaciones del unicel como material de molde. Al haber sido cortado y ensamblado a mano, el molde espejo no reprodujo con exactitud la geometría del original: las piezas presentan diferencias visibles en sus curvas y planos, resultado de la imposibilidad del unicel de mantener cortes perfectamente precisos. A esto se suma su tendencia a la deformación bajo la presión y el peso del yeso durante el vaciado, lo que introduce

variaciones no controladas en la pieza final. Sin embargo, ayuda en la búsqueda de la forma en la pieza a través de medios comunes y económicos.

Estos dos factores la imprecisión del corte manual y la deformación del material establecen el límite de lo que el unicel puede aportar a esta investigación en cuanto al tema de moldes, ya que respecto a la experimentación de la forma aporta información suficiente. Los resultados obtenidos son suficientes para validar la forma y comprender su comportamiento modular, pero insuficientes para producir piezas replicables con la precisión que exige un prototipo funcional de celosía.

La siguiente fase requiere un material de molde rígido, con capacidad de ser trabajado con herramientas de precisión y de resistir múltiples vaciados sin deformarse: la madera.

2.3.1.3 Tercer molde – Madera

La transición al molde de madera implicó un cambio de escala en el rigor del proceso. A diferencia de las iteraciones anteriores, construidas de manera directa con materiales de corte manual, este molde fue diseñado primero en formato digital: cada pieza fue dibujada con sus dimensiones reales, despiece y proyecciones, y posteriormente encargada a un carpintero para su corte y construcción.

Este paso del boceto al plano digital, del plano al objeto fabricado por un tercero con herramientas de precisión representa en sí mismo un avance metodológico, ya que introduce por primera vez un protocolo reproducible: otro ejecutor, siguiendo los mismos planos, debería poder obtener el mismo molde.



Imagen 40 Molde de madera E -3.

Respecto a las dimensiones, el proceso implicó un ajuste deliberado: el ancho del prototipo aumentó de 5 a 10 cm. Esta modificación respondió a las restricciones propias del trabajo en madera y al conocimiento acumulado de las iteraciones previas sobre el comportamiento del yeso una pieza más ancha distribuye mejor las tensiones internas durante el fraguado, reduciendo el riesgo de fractura en los puntos débiles de la forma, particularmente en las zonas de curvatura.

En cuanto a la mezcla de vaciado, esta fase incorporó una nueva variable: la adición de pigmento al yeso. Esta decisión no fue exclusivamente estética, al introducir color se comenzó a explorar simultáneamente la dimensión visual del prototipo como objeto arquitectónico terminado, y se verificó que el pigmento, además de tonalidad, modifica el tiempo de fraguado de la mezcla, aportando mayor trabajabilidad durante el proceso de vaciado.

La mayor escala del molde introdujo además una dificultad no presente en las iteraciones anteriores: la cantidad de mezcla requerida para llenar el volumen completo aumentó considerablemente respecto a los vaciados en cartón y unicel, lo que complejizó tanto la preparación como el manejo de la mezcla. El yeso exige movimiento constante para evitar que fragüe de manera heterogénea, y al trabajar con volúmenes mayores ese margen de tiempo se vuelve crítico: cualquier interrupción o demora en el vaciado puede generar capas de distinta densidad dentro de la misma pieza, comprometiendo su resistencia estructural.

A esto se sumó la incorporación de un desmoldante: aceite quemado, aplicado sobre las superficies interiores del molde antes del vaciado. Esta es una práctica común en el trabajo con moldes de madera, ya que la porosidad natural de la fibra tiende a adherirse al yeso durante el fraguado, dificultando o imposibilitando el desmolde sin dañar la pieza. El aceite quemado crea una capa de separación entre ambos materiales que facilita la extracción de la pieza una vez endurecida, preservando tanto la integridad del objeto como la del molde para usos posteriores.



Imagen 41 Prototipo E -3 Dimensión 30 cm x 30 cm.

Observaciones – Vaciado en molde de madera

El resultado del vaciado en molde de madera representa el avance más significativo de la fase experimental hasta este punto. La pieza obtenida conserva con fidelidad la geometría del boceto E-3: el arco de medio punto, el cuarto de círculo en esquina, la moldura horizontal y los planos rectos que los contienen se materializaron con una precisión inalcanzable en las iteraciones anteriores. La adición de pigmento a la mezcla de yeso produjo una tonalidad ocre

uniforme que, más allá de su valor estético, permite evaluar la pieza como objeto arquitectónico con acabado propio. Estructuralmente, la pieza demostró una solidez notable: el mayor espesor 10 cm distribuyó las tensiones internas de manera efectiva, eliminando las fracturas que habían comprometido los resultados previos.

No obstante, el proceso de desmolde expuso una limitación de fondo. El aceite quemado aplicado como desmoldante resultó insuficiente para separar la pieza del molde sin dañarlo: la adhesión entre el yeso y la madera fue tal que el molde tuvo que despiezarse por completo para liberar el prototipo. El molde, diseñado para ser reutilizable, se convirtió en un molde de un solo uso.

Este resultado abre dos interrogantes que condicionan las fases siguientes de la investigación. La primera es técnica: ¿qué sistema de desmoldante o qué tratamiento de la superficie de madera permitiría separar la pieza sin destruir el molde? La segunda es de diseño: ¿la geometría actual del prototipo con sus curvas cóncavas encajadas entre planos rectos es compatible con un sistema de molde desmontable que pueda reutilizarse para producir piezas en serie? Esta última pregunta no cuestiona la validez formal de la pieza, sino su viabilidad como módulo replicable, que es precisamente el criterio central que esta investigación se propuso validar. La respuesta a ambas interrogantes orientará el rediseño tanto del molde como, de ser necesario, de la pieza misma.

2.3.2 Retorno a la fase de bocetos – Nuevos referentes Puuc

Los resultados del molde de madera, si bien confirmaron la viabilidad estructural del prototipo E-3, plantearon una interrogante de fondo sobre su sistema de producción: una pieza que requiere destruir el molde para ser desmoldada no puede convertirse en un módulo replicable en serie. Esta limitación no invalida el aprendizaje acumulado, sino que lo redirige: antes de continuar con la optimización del sistema de molde, la

investigación retorna a la fase de bocetaje para explorar nuevas posibilidades formales que, desde su concepción, consideren la replicabilidad como criterio de diseño.

Esta segunda ronda de bocetos se apoya en un análisis más sistemático de los mascarones y elementos ornamentales más representativos del estilo Puuc. El procedimiento, coherente con la metodología de investigación mediante diseño, consiste en descomponer cada referente en su unidad geométrica mínima y someter esa unidad a un proceso de abstracción progresiva: de la imagen arquitectónica compleja al elemento esencial, y de ese elemento a un módulo que pueda articularse con otros de manera repetible.

El primer referente retoma la composición de Xlapak, extrayendo de sus mascarones el sistema de rectángulos concéntricos con módulo interior, una lógica de encuadres anidados que, al replicarse horizontalmente y en rotación, genera patrones de ritmo escalonado coherentes con el vocabulario formal Puuc.

El segundo referente analiza la greca escalonada del Palacio del Gobernador de Uxmal, abstrayéndola hasta reducirla a una forma en ángulo recto que al multiplicarse en giro produce el patrón serpenteante característico de las fachadas del estilo.

El tercer referente parte de la celosía de rombos en diagonal de Labná uno de los pocos ejemplos del Puuc donde la celosía aparece ya como elemento arquitectónico calado y simplifica su módulo zigzag hasta llegar a una curva simple que, repetida en serie, reconstruye el ritmo diagonal del original.

Los tres procesos comparten una misma lógica operativa: la complejidad del referente no se copia, se destila. El objetivo no es reproducir el ornamento prehispánico, sino identificar en él un principio generador, un módulo mínimo con capacidad de producir

complejidad por repetición, que pueda traducirse en una pieza físicamente viable, formalmente coherente con el estilo Puuc y funcionalmente eficaz como dispositivo de control solar.

E-4

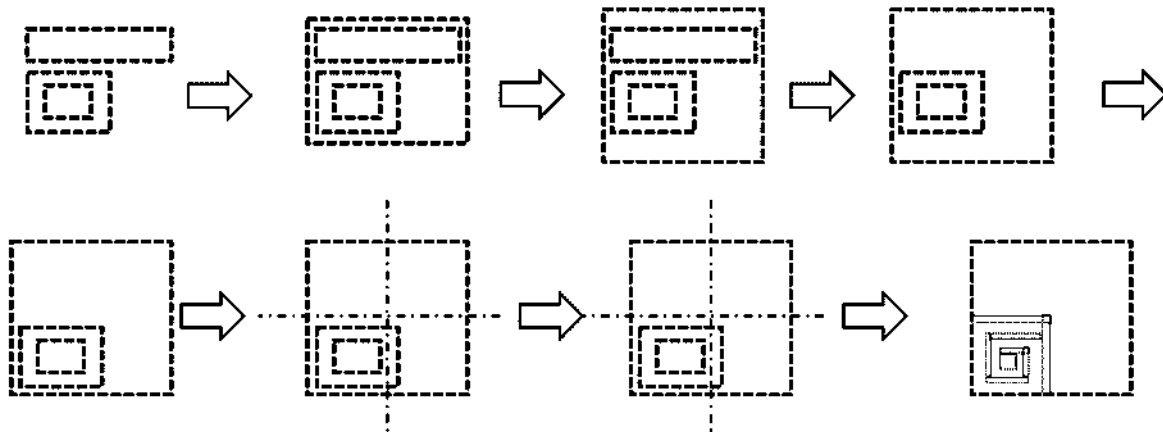
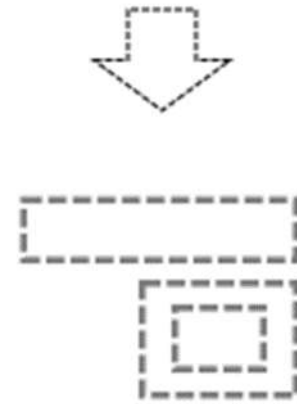


Imagen 42 Análisis de Diseño Xlapak, E-4

E-5

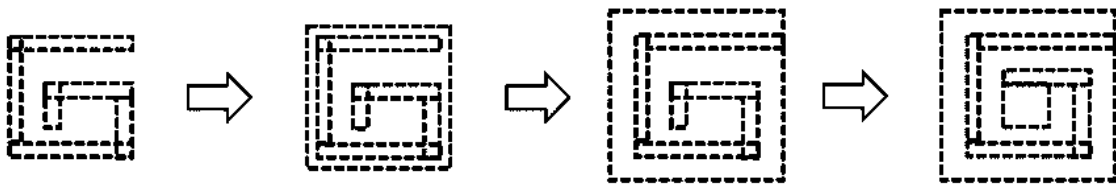
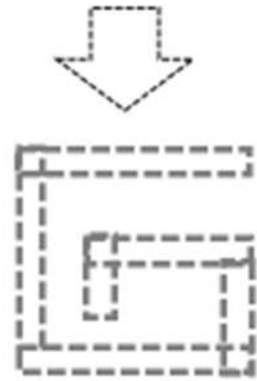


Imagen 43 Análisis de Diseño Uxmal, E-5

E-6

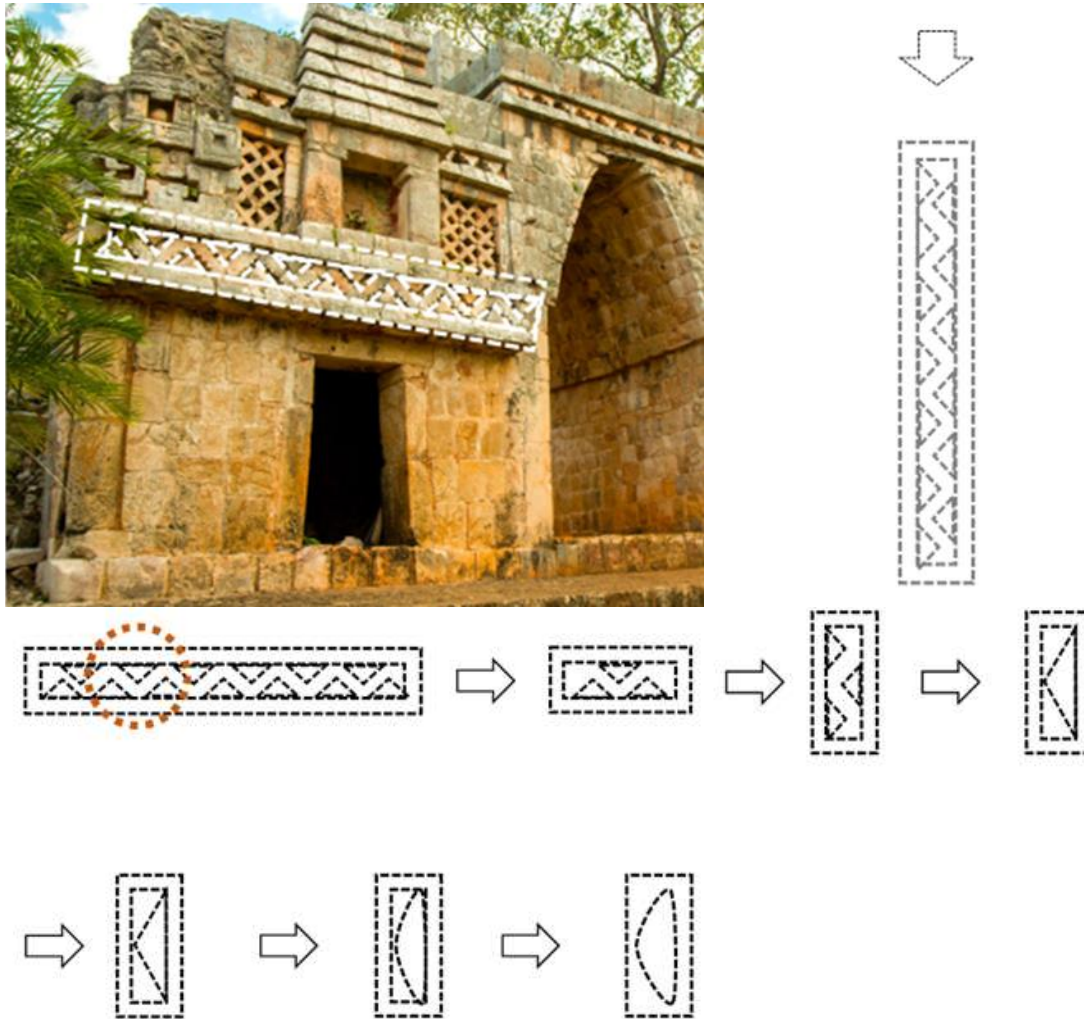


Imagen 44 Análisis de Diseño Labná E-6

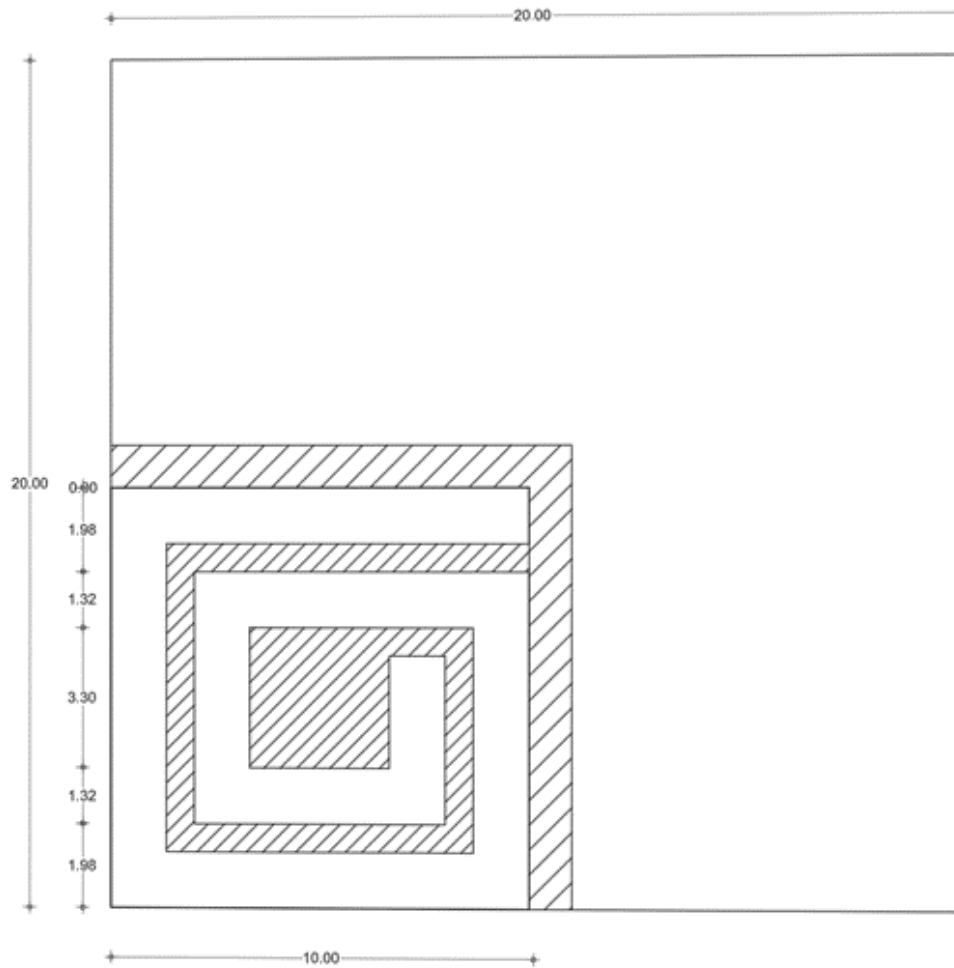


Imagen 45 Dibujo Digital. E.4

E-4 (20×20 cm): Greca escalonada en espiral la forma en "G" derivada del Palacio del Gobernador de Uxmal, con un vacío en la zona inferior, con muros que forman la espiral y masa solida que envuelve en parte lateral izquierda y parte superior. Grosor del prototipo de 5 cm.

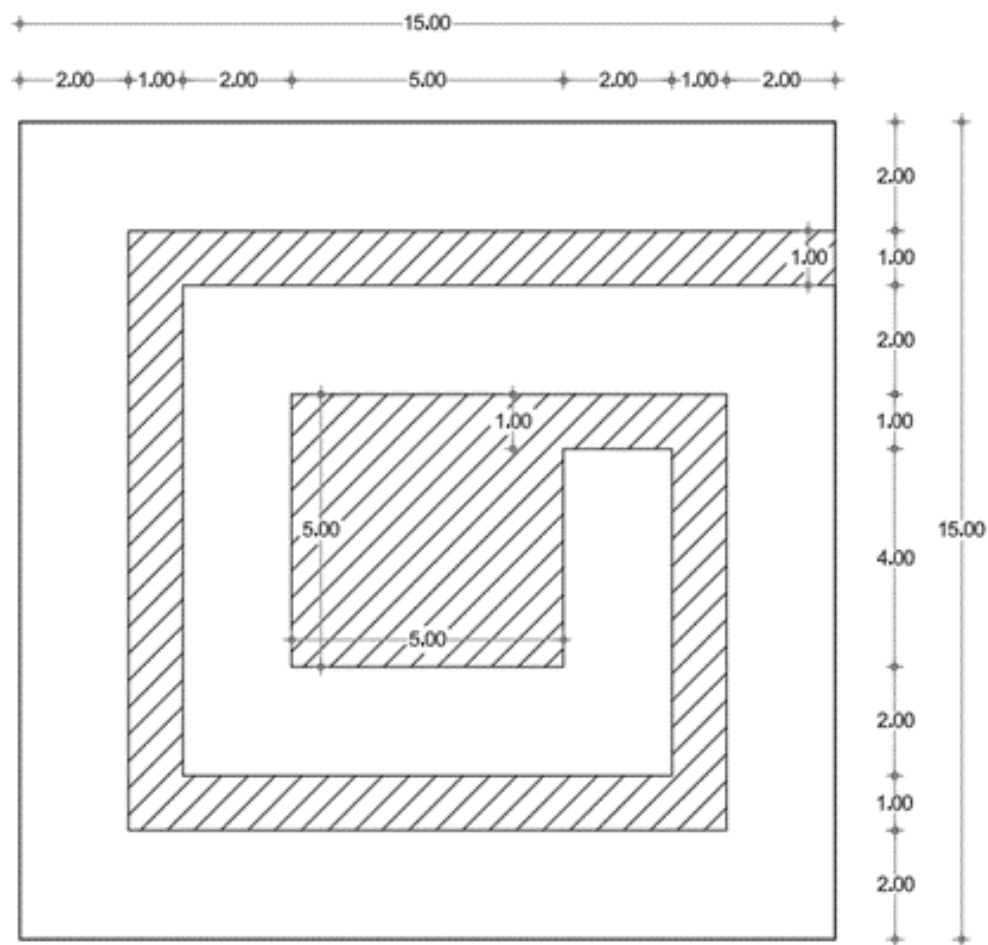


Imagen 46 Dibujo Digital E-5

E-5 (15×15 cm): Marcos concéntricos con apertura lateral, derivado de los rectángulos anidados de Xlapak, con muros de 1 cm de espesor y núcleo interior de 5×5 cm.



Imagen 47 Dibujo Digital E-6

E-6 (20×10 cm): Semicírculo inscrito en rectángulo vertical, derivado del análisis de Labná, con radio de 7 cm sobre una altura total de 17 cm. La forma más simple y con mayor vacío de las tres.

2.3.2 Construcción de Moldes – Segunda generación

Con los tres nuevos diseños definidos, se procedió a la construcción de sus respectivos moldes en madera. Como en la iteración anterior, el grosor de la madera continuó siendo una variable condicionante. Las dimensiones interiores del molde no dependen únicamente del diseño de la pieza, sino también del espesor disponible de cada tabla: los canales, los separadores interiores y los marcos concéntricos deben construirse con la madera existente, lo que en ocasiones obliga a ajustar ligeramente las medidas previstas en el plano digital. Este condicionamiento material no es una limitación a corregir, sino una constante del trabajo en taller que la investigación incorpora como parte de su registro.

La hipótesis que guió esta decisión fue: que el problema no había sido el sistema de molde en sí, sino la geometría y la escala de la pieza. Formas más simples y dimensiones más reducidas, 20×20 cm para E-4, 15×15 cm para E-5 y 20×10 cm para E-6 podrían permitir el desmolde sin necesidad de destruir el molde. Esta fase pondría a prueba esa hipótesis.



Imagen 50 Molde E-4



Imagen 49 Molde E-5



Imagen 48 Molde E-6

Observaciones - Vaciado E-4, E-5 y E-6

Los resultados de esta fase confirmaron el avance en el manejo de la mezcla de yeso, Resistol blanco, pintura y agua, que las dimensiones reducidas facilitaron, pero reprodujeron el problema central de la fase anterior: los moldes debieron romperse para liberar las piezas, y las zonas más delgadas de E-4, E-5 y E-6 se fracturaron durante el desmolde.

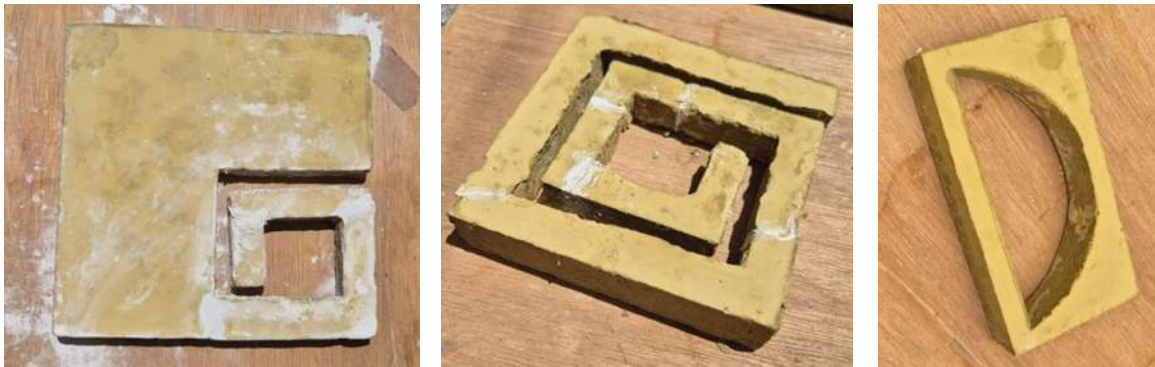


Imagen 51 Prototipo E-4, E-5 y E-6

El análisis de esta iteración permitió identificar con mayor precisión la causa principal del problema. A pesar de haberse aplicado aceite hidráulico como desmoldante, la madera de los moldes no había sido cepillada ni lijada previamente: su superficie porosa y rugosa generó una adhesión mecánica entre la fibra y el yeso que el desmoldante no fue suficiente para contrarrestar. El aceite cubre una superficie lisa de manera uniforme y efectiva, pero sobre madera sin tratar se distribuye de forma irregular, dejando zonas sin protección donde el yeso penetra directamente en los poros de la fibra y fragua adherido a ella. El resultado es una unión que no puede separarse sin dañar la pieza, el molde, o ambos.

Este hallazgo redefine la hipótesis de trabajo para la fase siguiente: antes de replantear la geometría de las piezas o el sistema constructivo del molde, es necesario garantizar que la superficie de la madera esté correctamente preparada, cepillada, lijada y con una aplicación uniforme de desmoldante, como condición mínima para que cualquier diseño de molde pueda evaluarse con rigor. Sin esa condición, los resultados seguirán siendo contaminados por una variable técnica que impide saber si el problema es la forma, el material o el proceso.

2.3.2.1 Tercera generación de moldes — E-4 y E-6 con madera cepillada y lijada

A partir del diagnóstico de la fase anterior, la construcción de los nuevos moldes incorporó dos cambios fundamentales: la madera fue cepillada y lijada antes del ensamble, y la selección del carpintero se realizó con mayor criterio. Esta segunda variable, aparentemente menor, resultó determinante. No todos los carpinteros trabajan con el mismo tipo de pieza ni con el mismo nivel de detalle: la construcción de un molde de precisión para vaciado de yeso exige un trabajo distinto al de la carpintería de obra o de mueble, con tolerancias más finas, esquinas exactas y superficies tratadas. Encontrar un carpintero con disposición e interés por este tipo de encargo es, en sí mismo, parte del proceso de investigación.

El resultado es visible en los moldes obtenidos. Las superficies interiores son lisas y uniformes, las esquinas están bien resueltas y los elementos interiores, la greca escalonada de E-4 y el semicírculo de E-6, encajan con precisión dentro de sus respectivas cajas. Esta calidad de superficie es la condición mínima para que el desmoldante pueda distribuirse de manera homogénea y cumplir su función de separación entre el yeso y la madera.

Respecto a E-5, la decisión fue descartarlo de esta fase. Los resultados anteriores mostraron que su geometría, los canales estrechos de su greca genera una zona de adherencia difícil de resolver independientemente de la calidad de la superficie del molde. Continuar con E-4 y E-6 permite concentrar los recursos en las dos formas con mayor potencial de desmolde exitoso y mayor riqueza compositiva como módulos de celosía.



Imagen 52 Moldes cepillados y lijados, E-4 y E-6

Observaciones – Vaciado con moldes cepillados, color y técnica marmoleada

Esta iteración incorporó dos novedades simultáneas: la mejora en la preparación del molde y una exploración más deliberada del acabado superficial de la pieza. La mezcla base se mantuvo: yeso, resistol blanco, pintura y agua, pero una vez realizado el vaciado inicial se añadió mezcla adicional sobre la superficie aún fresca, con el objetivo

de generar un efecto marmoleado. El resultado visual es el más logrado hasta este punto del proceso: las vetas de color sobre el fondo uniforme evocan la textura de la piedra caliza trabajada en los edificios Puuc, estableciendo una coherencia entre el acabado del prototipo y su referente cultural de origen.



Imagen 53 Vaciado con pintura en la superficie E-4 y E-6

La madera cepillada y lijada, combinada con aceite hidráulico como desmoldante, produjo una mejora perceptible en el proceso de desmolde. Las piezas se liberaron con mayor facilidad que en las iteraciones anteriores y los moldes, al haber sido ensamblados con tornillos en lugar de clavos, pudieron desarmarse de manera ordenada y quedar en condiciones de reutilizarse. Sin embargo, el objetivo de preservar el molde intacto, sin necesidad de desarmarlo, no se logró: la adhesión entre el yeso y

la madera siguió siendo suficiente para requerir el despiece del molde en el proceso de extracción. Esto indica que la preparación de la superficie, aunque mejorada, aún no alcanza el nivel necesario para un desmolde limpio.



Imagen 54 Prototipo E-4

Las fracturas en los prototipos persistieron, localizadas en los puntos más delgados y en las zonas de mayor complejidad geométrica, confirmando que este es un factor asociado tanto al diseño del prototipo como a las tensiones generadas durante el desmolde.

El hallazgo más inesperado de esta fase fue de naturaleza química. La aplicación de pintura sobre la mezcla de yeso aún fresca provocó una reacción que alteró la superficie

de contacto: el lado donde se aplicó la pintura resultó poroso e irregular, mientras que el lado en contacto con el molde conservó una superficie lisa y uniforme.

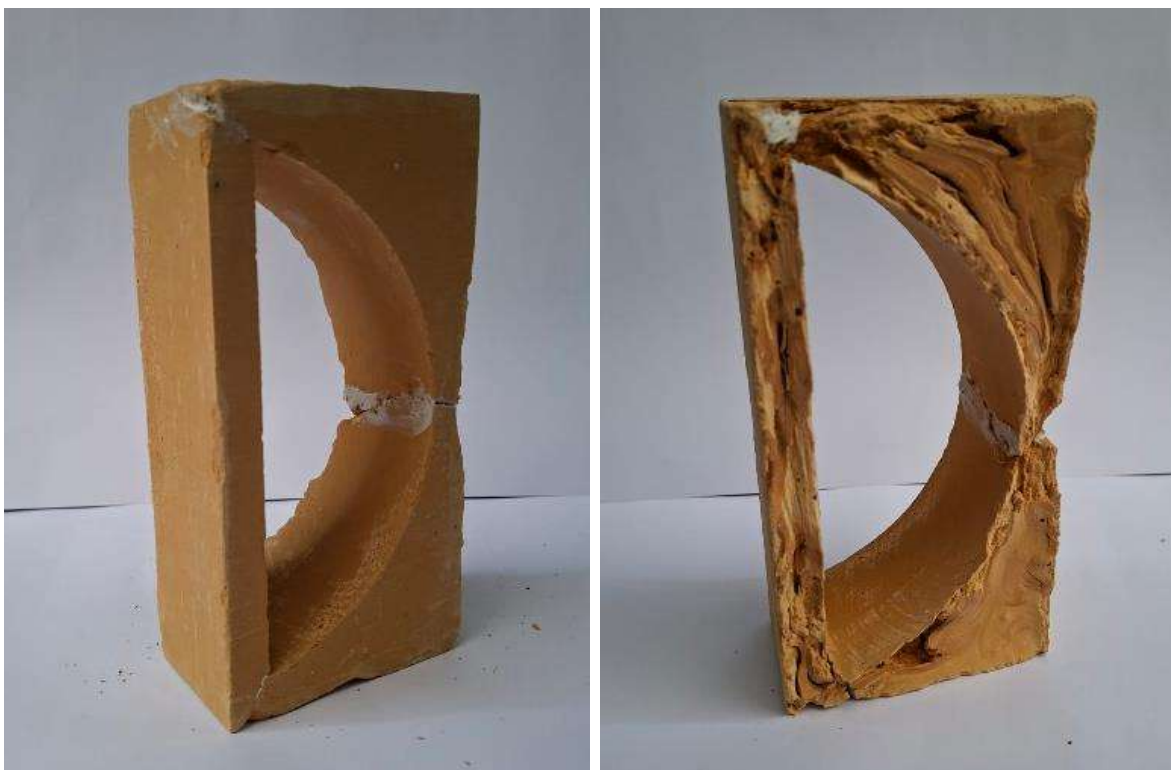


Imagen 55 Prototipos E-6

Este fenómeno, no previsto en el diseño del experimento, documenta que la pintura interactúa con el proceso de fraguado del yeso cuando se aplica antes de que este concluya, modificando la estructura superficial de la pieza. Este aprendizaje condiciona

directamente las decisiones de la fase siguiente: el pigmento debe incorporarse a la mezcla desde el inicio del vaciado, no aplicarse como capa posterior sobre material fresco si no se busca ese acabado, si no, también es un nuevo aprendizaje para prototipos futuros.

2.3.3 Tercera fase de bocetos - Diseño simultáneo de pieza y molde

El proceso experimental hasta este punto había operado con una separación implícita entre dos decisiones que, en realidad, son interdependientes: el diseño de la pieza y el diseño del molde que la produce. Cada iteración había demostrado que una forma formalmente válida puede ser materialmente inviable si su geometría no considera desde el principio las condiciones de extracción. La conclusión de esta fase no fue cambiar la forma ni cambiar el molde por separado, sino reconocer que ambos deben diseñarse como un sistema único.

Los números 1 al 4 que aparecen en los planos de cada boceto (Imagen 57) indican los distintos niveles de profundidad que tendrá la pieza. Esta decisión conecta directamente con el referente Puuc: los mascarones y frisos del estilo no son superficies planas sino composiciones en relieve donde distintos planos a distintas alturas generan sombras propias que enriquecen la lectura de la forma.

Incorporar esa lógica al prototipo de celosía significa que la pieza no solo filtra la luz mediante sus vacíos, sino que también la modula mediante sus propios relieves, produciendo sombras internas que varían con el ángulo de incidencia solar a lo largo del día.

Al mismo tiempo, los tres diseños mantienen curvas que fluyen hacia el exterior de la forma, evitando los ángulos internos que en las fases anteriores generaron adherencia irreversible con el molde. Las dimensiones se establecieron en 20×20 cm para los tres prototipos, dimensión que el proceso experimental previo demostró ser la más equilibrada: suficientemente grande para percibir el comportamiento del relieve y la sombra proyectada, y suficientemente manejable para controlar la cantidad de mezcla, el tiempo de fraguado y las condiciones del desmolde.

La profundidad escalonada y la curvatura exterior son, en conjunto, la respuesta formal a dos exigencias simultáneas: la riqueza plástica del referente cultural y la viabilidad técnica del proceso de producción.

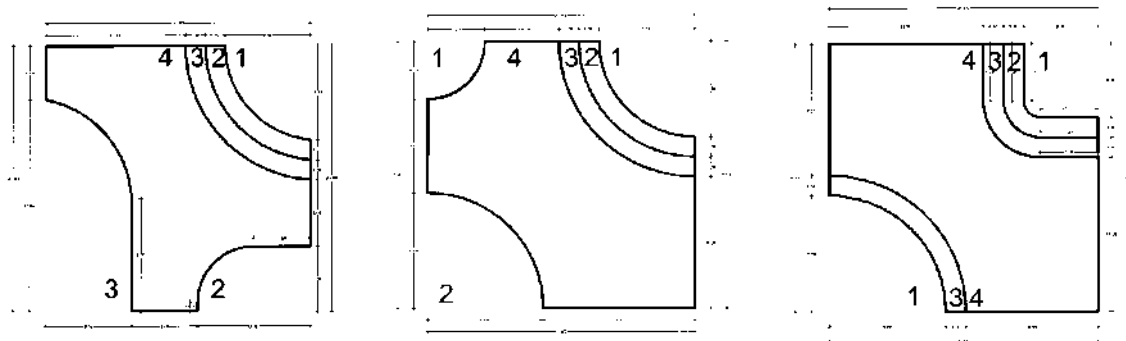


Imagen 56 Diseño de prototipos E-7, E-8 y E-9

2.3.3.1 Bocetaje de uniones — El módulo como sistema

En paralelo al diseño de los tres prototipos individuales, esta fase incorporó una dimensión que las etapas anteriores no habían abordado de manera explícita: el comportamiento del módulo al articularse con otros iguales para formar el patrón de celosía completo. Esta es, en última instancia, la escala en la que el dispositivo existe arquitectónicamente, no como pieza aislada sino como sistema repetible que cubre una superficie y regula la entrada de luz sobre ella.

El bocetaje de las uniones reveló que la junta entre módulos no es un elemento neutro sino un generador de forma en sí mismo. Al colocar un módulo junto a otro y en algunos casos junto a su espejo, los bordes de piezas adyacentes se complementan para producir figuras que no existen en el módulo individual: círculos completos en los cruces, formas de pétalo en los encuentros laterales, patrones de mayor complejidad rítmica que emergen de la simple repetición de una unidad sencilla. Esta lógica es exactamente la que opera en las fachadas del

estilo Puuc, donde la riqueza del conjunto no reside en la complejidad de cada pieza sino en la multiplicación ordenada de unidades geométricas simples.

En esta etapa se reconoció también que algunos de los patrones requerirían fabricar más de un molde por prototipo, dado que la simetría del conjunto exige en ciertos casos una pieza espejo que no puede obtenerse rotando el módulo original. Esta consideración, que en fases anteriores habría representado un obstáculo, se incorpora aquí como una variable de planificación: el sistema de producción del conjunto forma parte del diseño mismo de la celosía.

E-7

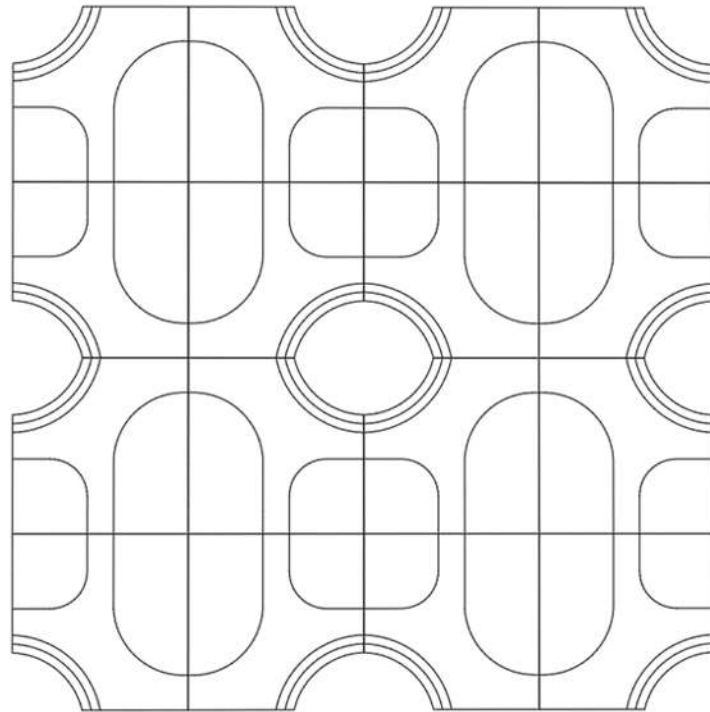
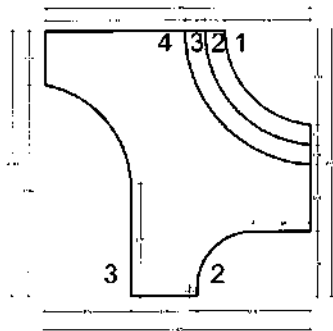


Imagen 57 Prototipo en Sistema de E-7

E-7 Módulos con óvalos y arcos de esquina: la unión genera círculos completos en los cruces y formas de pétalo en los bordes. El módulo individual desaparece en el conjunto.

E-8

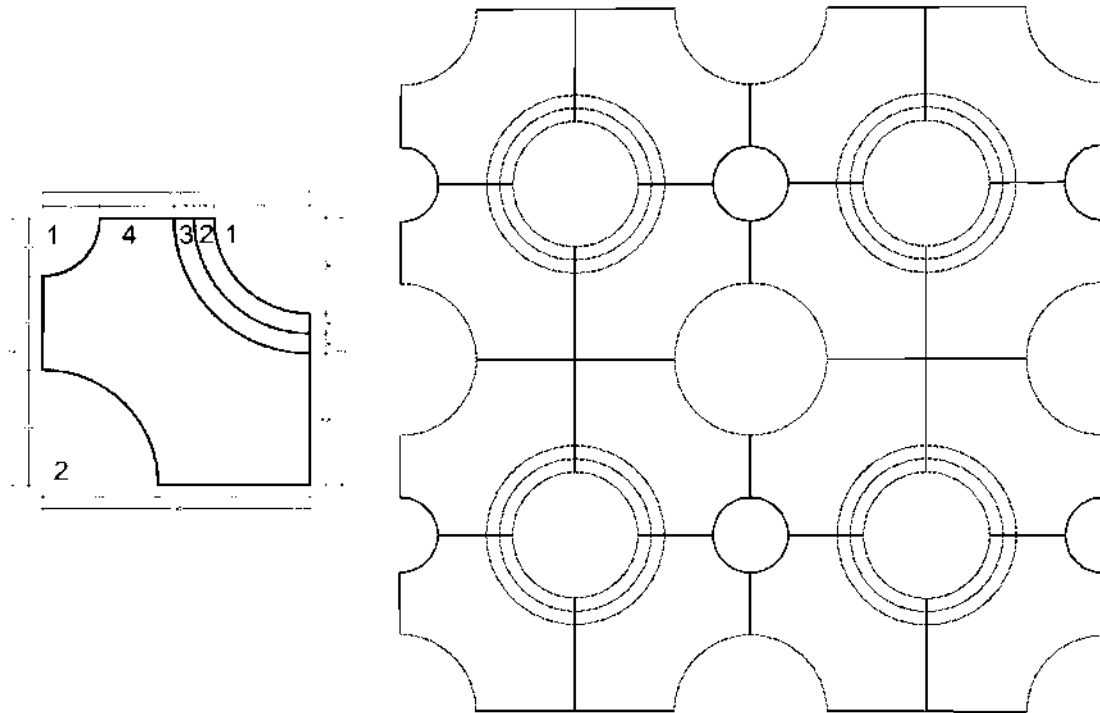


Imagen 58 Prototipo en Sistema de E-8

E-8 Módulos con círculos concéntricos y escotaduras en cruz: la unión crea pequeños círculos en los cruces y grandes círculos en el centro de cada módulo. Sistema más abierto, mayor transmisión de luz.

E-9

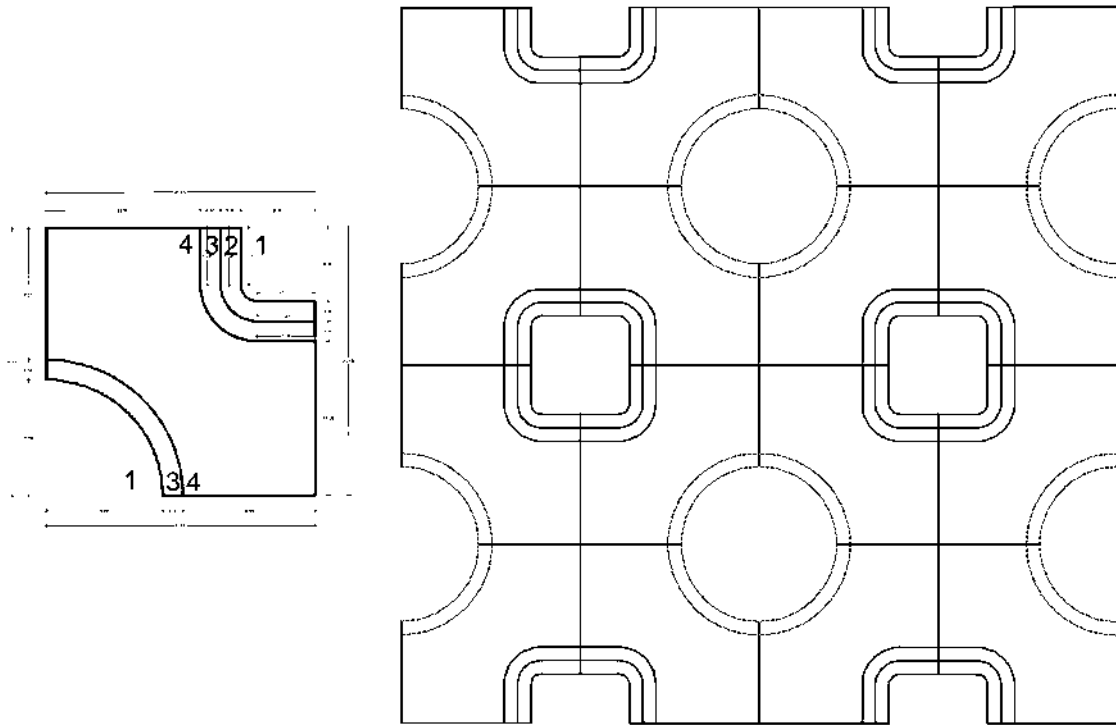


Imagen 59 Prototipo en Sistema de E-9

E-9 Módulos con rectángulos de esquinas redondeadas, arcos en U y círculos: el más heterogéneo de los tres, combina tres geometrías distintas dentro del mismo módulo que al unirse generan un patrón de mayor complejidad rítmica, más cercano al vocabulario Puuc de variación dentro del orden.

2.3.3.2 Renders de verificación — E-7, E-8 y E-9

En paralelo al proceso de bocetaje y antes de avanzar hacia la construcción de los nuevos moldes, se realizaron renders de visualización de los tres prototipos en contexto espacial real. Esta decisión responde a una necesidad metodológica concreta: evaluar el comportamiento de cada patrón a escala arquitectónica antes de invertir tiempo y recursos en su fabricación física. Un módulo de 20×20 cm es difícil de juzgar en términos de su impacto lumínico y espacial de manera aislada; proyectado como celosía de altura completa en un espacio interior, sus cualidades y limitaciones se vuelven inmediatamente legibles.



Imagen 60 Elaboración Arq. Antonio Solís, Render E-7

Los renders de E-7, E-8 y E-9 confirmaron que los tres patrones funcionan como dispositivos de control solar y filtro lumínico, cada uno con un carácter espacial distinto. E-7, con su combinación de óvalos verticales y arcos de esquina, produce una atmósfera densa y rítmica donde la luz entra fragmentada en múltiples puntos de escala variada. E-8, basado en círculos concéntricos de distintos tamaños, genera un patrón más abierto y homogéneo que permite mayor transmisión lumínica manteniendo la privacidad visual. E-9, que alterna círculos y rectángulos de esquinas redondeadas, es el que mayor afinidad formal muestra con el vocabulario de los frisos Puuc: la alternancia de dos geometrías distintas dentro de un orden regular reproduce la lógica de variación dentro de la repetición que caracteriza las fachadas del estilo.



Imagen 61 Elaboración Arq. Antonio Solís. Render E-8



Imagen 62 Elaboración Arq. Antonio Solís. Render E-9

La visualización a escala humana, con figura de referencia en E-9, permitió verificar además que las dimensiones del módulo de 20×20 cm producen un patrón de densidad adecuada para una celosía de uso arquitectónico: ni tan cerrado que impida la ventilación y la visión, ni tan abierto que pierda su capacidad de filtrar la radiación solar directa. Esta confirmación cierra la fase de bocetaje y habilita el avance hacia la construcción de los moldes definitivo

2.3.4 Moldes de tercera generación — Sistema desmontable en pino cepillado

La construcción de los moldes para E-7, E-8 y E-9 incorporó por primera vez un principio que había estado ausente en todas las iteraciones anteriores: el diseño del sistema de ensamble y desmonte del molde como parte integral del proceso de diseño. Hasta este punto, el desmolde había sido siempre una operación de fuerza o de sacrificio, romper el molde, desarmarlo con herramienta, asumir la pérdida. En esta fase, la pregunta se invirtió: ¿cómo debe estar construido el molde para que cualquier persona pueda abrirlo con las manos, sin herramienta especializada, en el momento en que el yeso haya fraguado?



Imagen 63 Moldes en Madera

La respuesta fue un sistema de escuadras metálicas y tornillos en las esquinas exteriores del molde. Las cuatro paredes de la caja no están fijas entre sí sino unidas mediante escuadras atornilladas que pueden retirarse manualmente, liberando cada cara del molde de manera independiente y ordenada. Este sistema convierte el molde en un objeto pensado para ser abierto, no roto, y permite reutilizarlo en vaciados sucesivos sin perder su geometría ni su integridad estructural.

El material elegido fue madera de pino, cepillada y lijada, con aceite hidráulico como desmoldante aplicado sobre todas las superficies interiores antes de cada vaciado. La calidad del trabajo del carpintero fue nuevamente determinante: las escuadras están colocadas con precisión, las superficies interiores son uniformes y los elementos que definen el relieve de cada prototipo están contruidos con el mismo nivel de detalle que el molde que los contiene. Un molde mal ejecutado contamina el resultado independientemente de la calidad de la mezcla o del desmoldante; la precisión del carpintero es, en ese sentido, una condición no delegable del proceso experimental.



Imagen 64 Diseño de herrajes en moldes.

No obstante, el diseño interno del molde, qué piezas van unidas de forma fija y cuáles son las que se retiran primero para liberar la pieza, no puede establecerse como una regla general aplicable a todos los prototipos, sino que depende directamente de la geometría de cada forma. La decisión de qué cara se abre primero, qué elemento interior se extrae antes de cuál, y en

qué orden se desensamblan las partes para no dañar la pieza durante el desmolde, son decisiones que se vuelven intuitivas en el proceso: emergen del conocimiento acumulado de trabajar con cada forma específica y de entender cómo el yeso la abraza durante el fraguado.



Imagen 65 Diseño de moldes

Esta intuición no es un conocimiento cerrado ni exclusivo: es el resultado natural de seguir el proceso iterativo que esta metodología propone, y que cualquier diseñador puede desarrollar al recorrer las mismas etapas de observación, prueba y ajuste que documentan las fases anteriores de esta investigación. Las imágenes de los moldes ya utilizados documentan también la acumulación de capas de yeso y desmoldante sobre la madera a lo largo de los vaciados sucesivos, evidencia visible de que, por primera vez en este proceso, un mismo molde está siendo reutilizado de manera efectiva.

3.0_Resultados del prototipado

3.1 Resultados del vaciado – E7, E-8 y E-9

Los resultados de esta fase representan el avance más significativo de todo el proceso experimental. La combinación de moldes en pino cepillado y lijado, sistema de escuadras desmontables, aceite hidráulico como desmoldante y la mezcla de yeso consolidada a lo largo de las iteraciones anteriores produjo piezas de una calidad formal hasta ahora inalcanzada: el relieve escalonado se materializa con precisión, las curvas son continuas y limpias, y la superficie presenta una textura uniforme que confirma tanto la preparación adecuada del molde como la correcta proporción de la mezcla.

De los tres prototipos, E-8 y E-9 se obtuvieron como piezas completas e íntegras. La geometría de ambas formas, curvas que fluyen hacia el exterior sin generar ángulos internos que atrapen el yeso, demostró ser compatible con el sistema de molde desmontable: la extracción fue posible sin fracturar la pieza ni destruir el molde, confirmando la hipótesis central que orientó el diseño de esta generación de prototipos.



Imagen 66 Testigo

E-7, en cambio, presentó fracturas durante el desmolde. El análisis de la pieza rota permite identificar la causa: el diseño de E-7 contiene zonas de sección delgada que, bajo la tensión generada durante la extracción del molde, no tienen suficiente masa para resistir sin fracturarse. Este no es un fallo del sistema de molde ni de la mezcla, ambos funcionaron correctamente en E-8 y E-9, sino una debilidad de diseño intrínseca a la geometría de la pieza. El hallazgo es preciso y accionable: E-7 requiere ser rediseñada reforzando sus zonas críticas antes de avanzar a una siguiente iteración, o bien ser descartada en favor de las dos formas que ya demostraron su viabilidad.



Imagen 67 Testigo

3.2 Nueva mezcla — Cemento blanco, marmolina y gravilla

Con los tres prototipos en yeso como referencia formal, se tomó la decisión de explorar un material de vaciado distinto antes de definir la mezcla definitiva. El criterio de selección fue deliberadamente práctico: un material de fácil acceso en el mercado local, económico y de manejo conocido para cualquier persona con experiencia básica en construcción. La mezcla elegida fue cemento blanco con marmolina y una capa exterior de gravilla fina, combinación que responde simultáneamente a criterios técnicos, mayor resistencia estructural que el yeso, y estéticos, un acabado granulado que evoca la textura de la piedra caliza trabajada en los edificios Puuc, estableciendo una coherencia material entre el referente y el prototipo.



Imagen 68 Prototipos

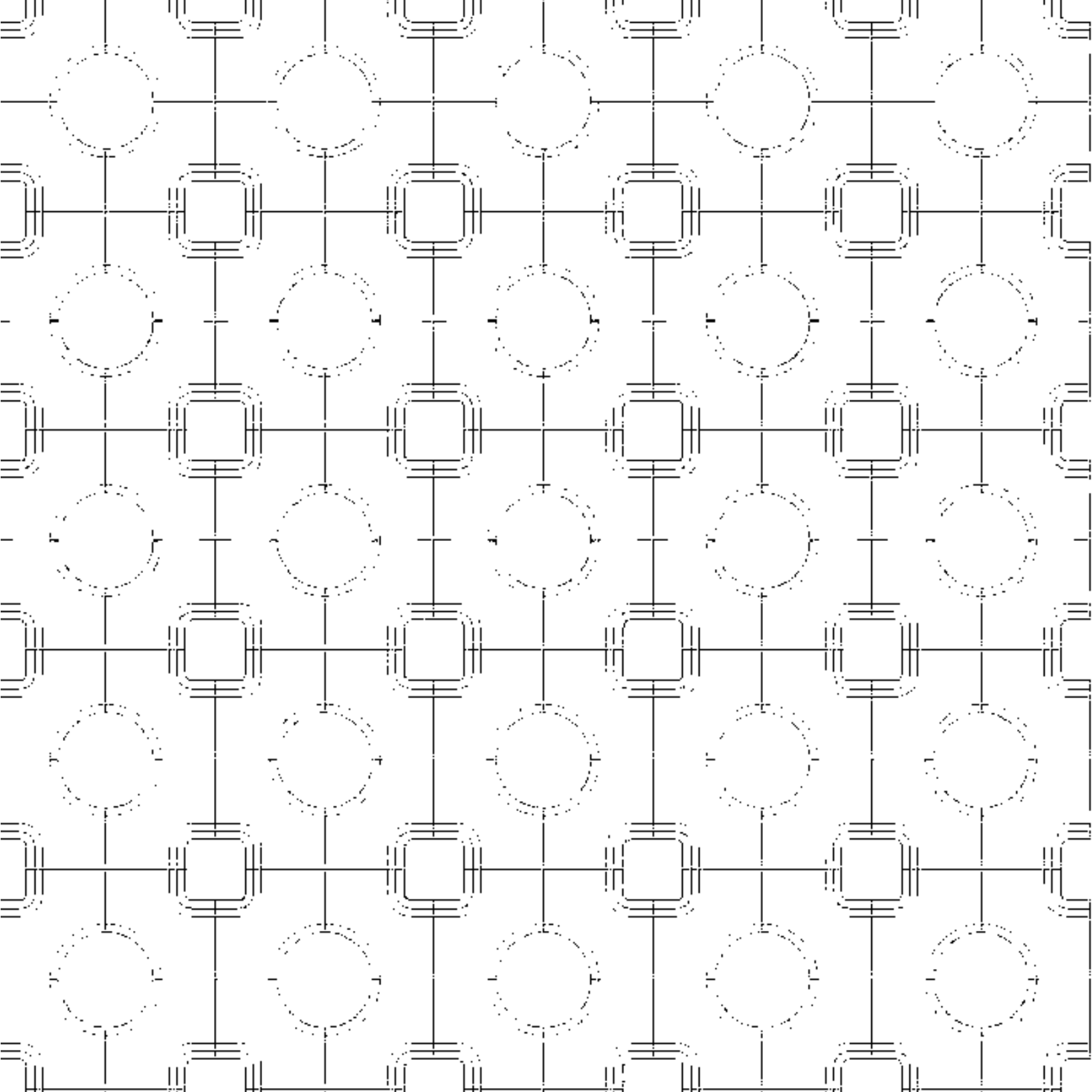
La decisión de incluir E-7 en esta fase, a pesar de la fractura que presentó en el vaciado en yeso, fue deliberada: la nueva mezcla, más resistente, podría comportarse de manera distinta en las zonas de sección delgada que habían fallado, y descartarlo sin verificarlo en el nuevo material hubiera sido una conclusión prematura.

Los resultados mostraron que el cambio de material, si bien mejoró el desempeño general, no fue suficiente para resolver todas las debilidades de diseño. E-7 volvió a fracturar, confirmando definitivamente que su problema reside en la geometría de la pieza y no en el material de vaciado: sus zonas de sección delgada son estructuralmente inviables independientemente de la mezcla utilizada. E-8, que había salido completa en yeso, presentó en esta iteración una grieta diagonal en su zona central, revelando que al aumentar la rigidez del material también aumenta la tensión transmitida durante el desmolde, lo que expuso una debilidad que el yeso, más frágil pero también más flexible en el momento del fraguado, no había generado. Ambos prototipos quedan descartados en su forma actual y requerirían un rediseño de sus zonas críticas para continuar.



Imagen 69 Prototipo E-9, Cemento blanco con gravilla.

E-9 se obtuvo nuevamente como pieza completa, consolidándose como el prototipo más robusto del proceso. La textura de la gravilla quedó transferida con precisión a la superficie, produciendo un acabado de notable riqueza táctil y visual que el yeso no podía ofrecer. Con su relieve escalonado de cuartos de círculo en esquinas opuestas, E-9 muestra ya con claridad el potencial del prototipo como módulo de celosía arquitectónica: la forma, el material y la textura convergen en un objeto que es simultáneamente técnico y expresivo, y que confirma tanto la viabilidad de la mezcla de cemento blanco, marmolina y gravilla como la solidez de su diseño frente al proceso de desmolde.



4.0 Experimentación material

4.1 Experimentación con pigmento — E-9 en cemento blanco y pigmento negro

Con E-9 consolidado como el prototipo viable del proceso, la investigación avanzó hacia una nueva dimensión de experimentación: el color. La forma y el sistema de producción habían sido validados; el siguiente paso era explorar las posibilidades expresivas del material sin alterar la mezcla base que había demostrado su eficacia. La decisión fue incorporar pigmento para cemento directamente a la mezcla de cemento blanco y marmolina, buscando un resultado visualmente llamativo que ampliara el rango de posibilidades estéticas del prototipo.

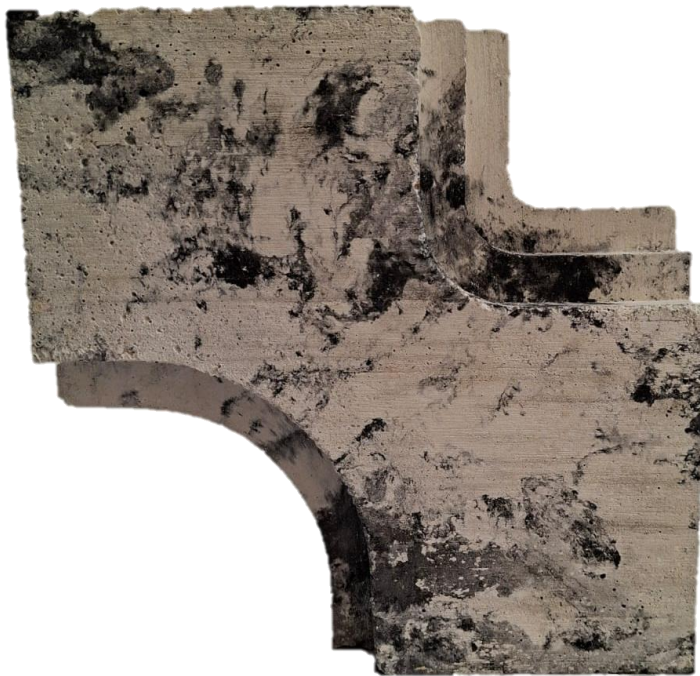


Imagen 70 Prototipo E- 9 Cemento blanco, marmolina y pigmento en polvo color negro.

El pigmento negro, al mezclarse con el cemento blanco de manera no homogénea, produjo un efecto marmoleado de alto contraste: manchas y vetas oscuras sobre el fondo claro que recuerdan al granito o a la piedra volcánica. Este resultado no fue el producto de una aplicación controlada sino de la interacción natural entre el pigmento y la mezcla durante el vaciado, donde las diferencias de densidad y el movimiento del material generan patrones únicos e irrepetibles en cada pieza. La textura porosa del cemento contribuyó a fijar el pigmento de manera irregular, acentuando la variación orgánica de la superficie.

El resultado confirma que la mezcla de cemento blanco admite una amplia gama de posibilidades cromáticas mediante la adición de pigmento, sin comprometer la integridad estructural de la pieza ni la definición del relieve. Esta flexibilidad es relevante para la aplicación arquitectónica del prototipo: una celosía que puede producirse en distintos colores y texturas con el mismo molde y el mismo proceso amplía significativamente su capacidad de adaptación a distintos contextos y requerimientos de diseño.

4.2 Experimentación con mármol triturado — E-9 y comportamiento térmico

La siguiente iteración de experimentación material mantuvo la mezcla base de cemento blanco y marmolina, pero incorporó mármol triturado como agregado. A diferencia de la exploración cromática de la fase anterior, el objetivo aquí no fue estético sino funcional: verificar si la composición de la mezcla puede influir en el comportamiento térmico de la pieza.

El mármol triturado es un material de mayor densidad y conductividad térmica que la marmolina convencional. Su incorporación a la mezcla busca explorar si una pieza más densa absorbe, retiene o disipa el calor de manera diferente, variable que resulta directamente relevante para la función de la celosía como dispositivo de control solar. Una celosía que no solo filtra la radiación solar, sino que además maneja el calor acumulado en su masa de manera favorable al confort interior representaría un avance significativo en términos de desempeño bioclimático.



Imagen 71 Prototipo E – 9, cemento blanco y marmolina.

Visualmente, el efecto del mármol triturado es sutil: la superficie muestra un tono blanco más uniforme y una textura ligeramente más fina que las mezclas anteriores, con una densidad perceptible al tacto que las versiones en yeso o en cemento con gravilla no tienen. Esta discreción visual es en sí misma una cualidad: permite que el relieve escalonado de E-9 sea el protagonista formal sin que la textura del material compita con él. La evaluación de su desempeño térmico real requeriría mediciones con sensores en condiciones controladas, lo que abre la puerta a la fase de validación instrumental que esta investigación contempla en sus etapas posteriores.

4.3 Experimentación con doble pigmento — Evaluación visual del conjunto

Esta iteración retomó la experimentación cromática con una intención específica que las fases anteriores no habían abordado: producir prototipos en distintas tonalidades para evaluar no solo cada pieza de manera individual, sino el comportamiento visual y material del conjunto al colocar módulos de diferentes colores uno junto a otro.



Imagen 72 Prototipo, E – 9, cemento blanco, marmolina y pigmento en polvo color negro y ocre.

La mezcla incorporó dos tonos de pigmento simultáneamente, generando una superficie de coloración variable donde el ocre cálido y los tonos oscuros se distribuyen de manera orgánica a lo largo de la pieza. El resultado evoca la textura del travertino o de la piedra arenisca natural, con una variación cromática que lejos de percibirse como imperfección refuerza la analogía material con la piedra caliza de los edificios Puuc. Esta coherencia entre el acabado del

prototipo y su referente cultural no es un efecto decorativo sino una consecuencia directa de trabajar con materiales y procesos que producen variación natural en lugar de uniformidad industrial.

La producción de prototipos en distintas tonalidades abre además una dimensión de evaluación que el proceso experimental no había contemplado hasta este punto: la composición del conjunto. Una celosía no es una pieza aislada sino un sistema de módulos que coexisten en una superficie, y la relación cromática entre ellos, si son todos iguales, si alternan tonos, si generan degradados, es una decisión de diseño con implicaciones tanto estéticas como térmicas. Esta fase sienta las bases para esa evaluación en las etapas siguientes.

4.4 Evaluación del conjunto — Los módulos unidos

La articulación de los prototipos en conjuntos de cuatro piezas representa el momento de mayor madurez de todo el proceso experimental, y el que más directamente responde al objetivo central de la investigación: desarrollar un dispositivo de control solar modular y replicable derivado de los principios formales del estilo Puuc.

Lo que las imágenes revelan de manera inmediata es que el módulo individual no es la unidad definitiva de la celosía, es su célula generadora. Al colocarse cuatro piezas juntas mediante rotación, los bordes curvos de cada módulo se complementan con los de sus vecinos para producir una forma central completamente nueva: un vacío que no existe en ninguna pieza por separado sino únicamente en la relación entre ellas. Este principio, la forma emergente por combinación, es exactamente el que opera en las fachadas del estilo Puuc, donde la repetición y la rotación de una unidad simple producen patrones de complejidad visual y rítmica que superan con mucho la suma de sus partes.



Imagen 73 Prototipo E-9. Sistema.

La variación material entre los módulos de cada conjunto aporta una dimensión adicional que no había sido anticipada en las fases de bocetaje: la posibilidad de componer el patrón cromática y materialmente. Al combinar en un mismo conjunto piezas en yeso ocre, cemento blanco con marmolina, cemento con gravilla y cemento con pigmento negro, el conjunto adquiere una riqueza visual que evoca directamente la heterogeneidad natural de la piedra trabajada en los edificios prehispánicos, donde las variaciones de color y textura de la piedra caliza forman parte del carácter del edificio. Esta variación es una cualidad proyectual: un sistema que admite diversidad material dentro de un orden formal preciso.



Imagen 74 Prototipo E-9. Sistema

Finalmente, la evaluación del conjunto confirma que E-9 es el prototipo con mayor potencial como módulo de celosía arquitectónica. Su relieve escalonado de cuartos de círculo en esquinas opuestas genera, al articularse con sus piezas espejo y rotadas, un patrón de vacíos y llenos de equilibrio compositivo, con sus escaladas en la abertura diversifican tanto la transmisión lumínica como la proyección de sombras sobre la superficie interior. El proceso experimental ha encontrado su forma.



Imagen 75 Prototipo de mezcla cemento blanco con marmolina.



Imagen 76 Prototipo cemento blanco con mármol triturado, pulido.



Imagen 77 Prototipo cemento blanco con marmolina y pigmento en polvo color negro.



Imagen 78 Prototipo de cemento blanco con gravilla para prefabricado, con pigmentos en polvo color negro y ocre.



Imagen 79 Prototipo de cemento blanco y marmolina con pigmentos en polvo color negro y ocre.



Imagen 80 Prototipo cemento blanco con marmolina y gravilla.



Imagen 81 Prototipo testigo de yeso, con resistol blanco y pigmento color ocre.

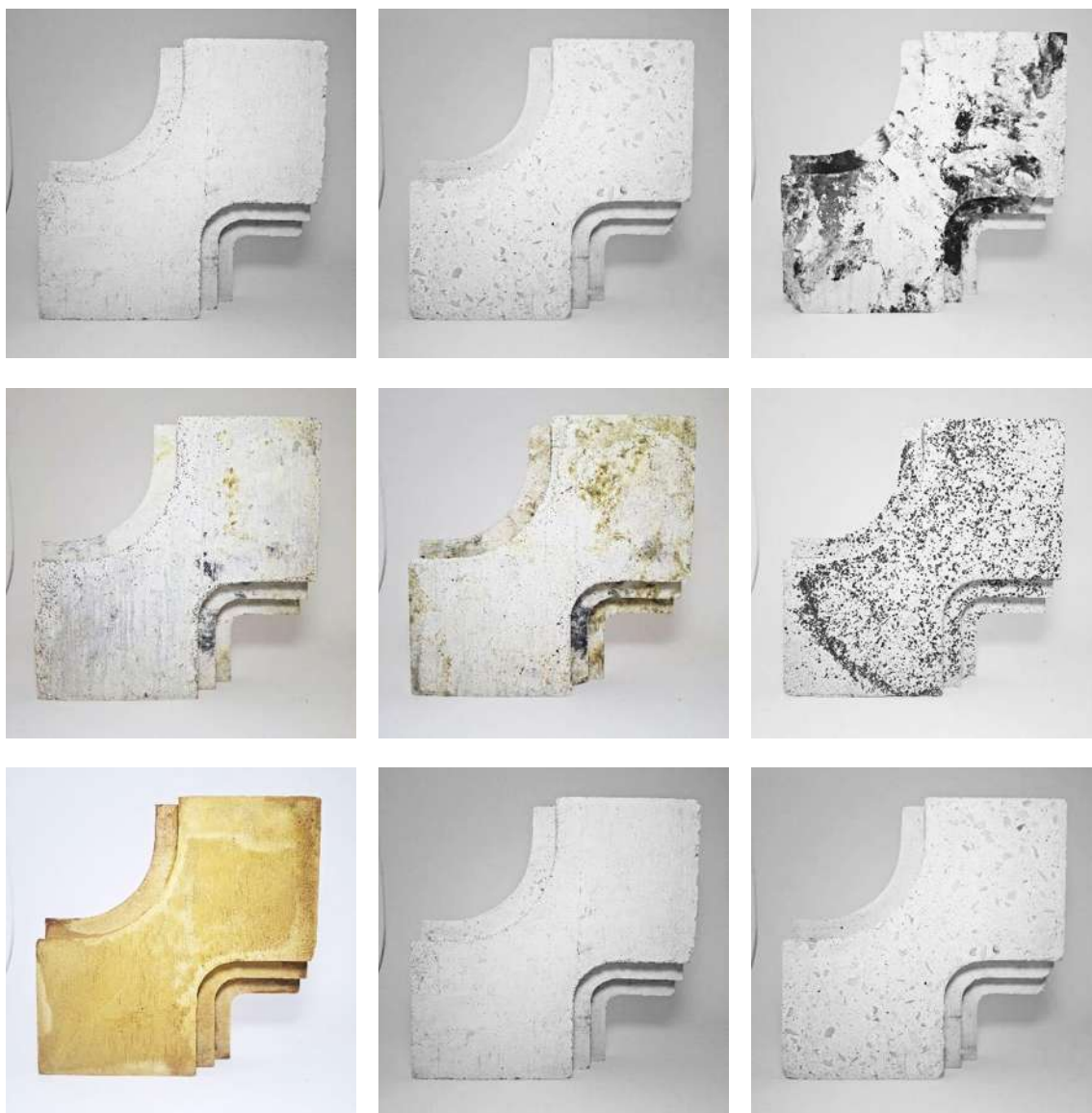
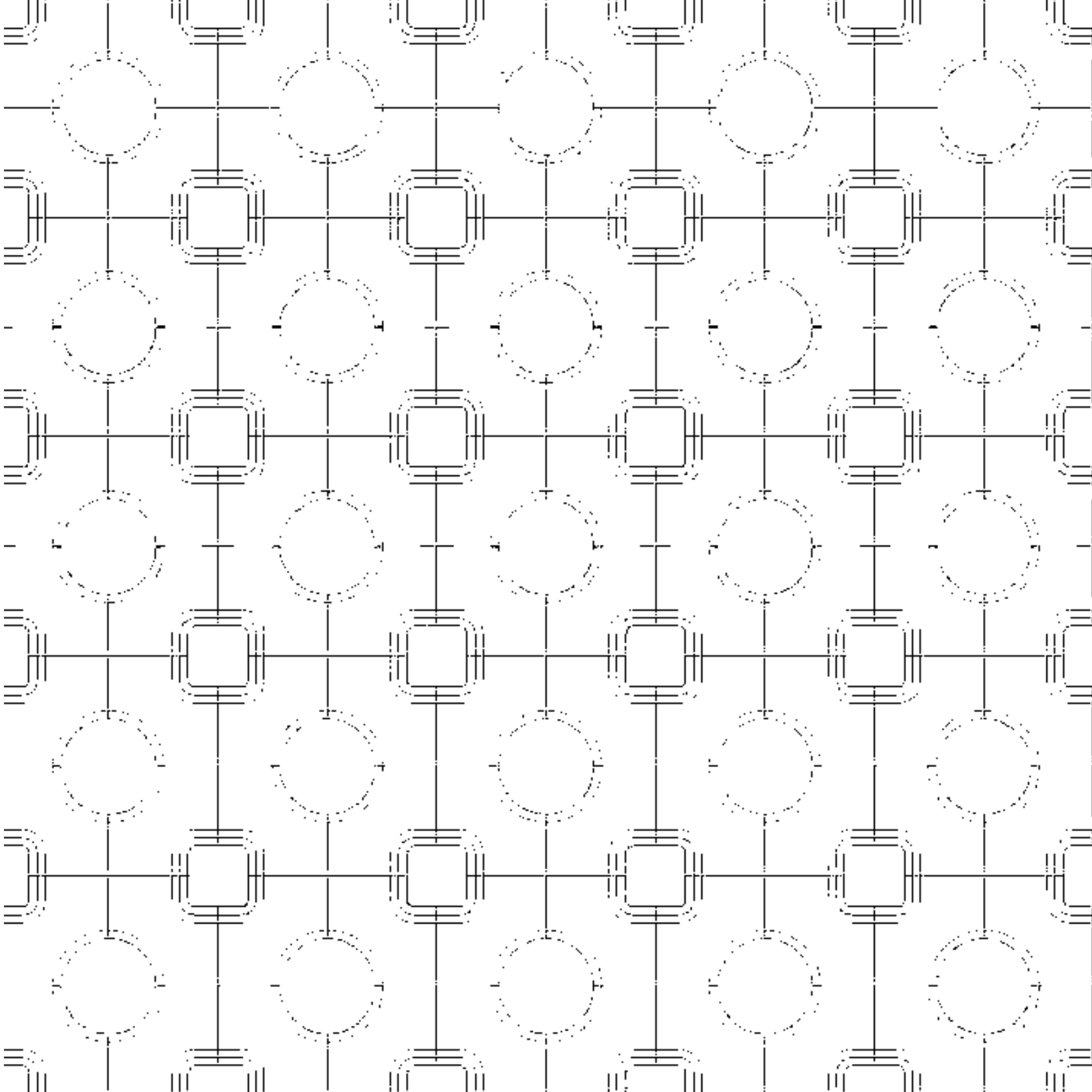


Imagen 82 Prototipos de diferentes materialidades



Imagen 83 Elaboración Arq. Antonio Solís. Render



5.0 Análisis y Resultados

5.1 Diseño del experimento higrotérmico

El experimento higrotérmico se diseñó a partir de dos cubos de unicel de 40×40 cm, con una cara de vidrio de 6 mm orientada hacia el sur para garantizar la máxima captación de radiación solar durante el periodo de estudio. El cubo izquierdo, denominado cubo con celosías, incorporó cuatro piezas del prototipo E-9 de 20×20 cm elaboradas en distintas mezclas de cemento: marmolina, gravilla y mármol triturado en dos variantes. Estas cuatro piezas se dispusieron simultáneamente frente a la cara de vidrio, de modo que cada una recibiera la misma radiación solar bajo condiciones equivalentes. El cubo derecho, denominado testigo, se mantuvo únicamente con la cara de vidrio y sin ningún dispositivo de control solar, constituyendo el punto de control interior del experimento.

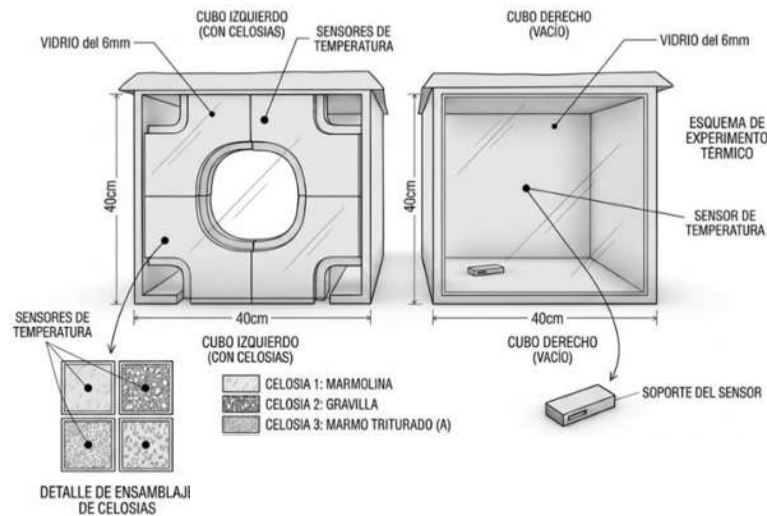


Imagen 84 Experimento Higrotérmico

Para completar el sistema de medición, un sensor exterior fue colocado en condición de sombra permanente durante todo el periodo de registro, lo que le permitió registrar la temperatura ambiente real sin incidencia solar directa. Esta distinción es fundamental para la interpretación de los datos: el sensor exterior no representa una condición de exposición solar sino la referencia climática del entorno, mientras que el testigo —a diferencia del exterior— sí recibió radiación solar directa a través del vidrio sin ningún elemento interpuesto.

El registro de datos abarcó del 24 de abril al 10 de mayo de 2026, periodo que corresponde al pico de incidencia solar en Morelia, Michoacán (latitud 19.7° N), con un total de 1,588 registros por sensor a una frecuencia de lectura de 15 minutos.

5.2 Validación higrotérmica: análisis de datos HOBO

El análisis estadístico del conjunto de datos revela patrones consistentes a lo largo de las tres semanas de monitoreo. La temperatura promedio del periodo se mantuvo en un rango de 27.6 °C a 28.4 °C entre los distintos sensores, con variación homogénea durante las horas nocturnas y de madrugada. Es en el turno de la tarde —comprendido entre las 12 y las 18 horas— donde se manifiesta la diferencia más significativa entre el cubo testigo, las mezclas del prototipo y la condición ambiental exterior.

La Tabla 6 presenta el resumen estadístico completo del periodo para los seis sensores. El sensor exterior registró la menor variabilidad con una desviación estándar de 4.0 °C, lo cual es consistente con su condición de sombra permanente. El cubo testigo, en cambio, alcanzó una desviación estándar de 8.3 °C, reflejo de las oscilaciones que produce la radiación solar directa sobre el espacio interior sin protección. Los sensores de las mezclas del prototipo E-9 presentaron desviaciones similares al testigo, siendo la marmolina la de mayor variación con 8.8 °C.

Sensor	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Promedio (°C)	Mediana (°C)	Desv. estándar	HR promedio
Exterior (sombra)	18.9	35.6	27.6	28.1	4.0	26.9 %
Testigo (cubo sin celosía)	14.5	47.8	28.4	26.1	8.3	29.0 %
Celosías (cubo con celosía)	15.6	43.4	28.1	26.5	7.0	28.9 %
Marmolina	15.4	47.1	28.3	26.1	8.8	—
Gravilla	16.5	44.9	28.0	26.2	7.5	—
Mármol triturado	16.8	44.2	27.8	26.1	7.2	—

Tabla 6 Estadísticas generales por sensor: Temperatura (°C) y humedad relativa. Periodo 24 de abril a 10 de mayo 2026

Durante la madrugada (0 a 6 horas) y la mañana (6 a 12 horas), los seis sensores muestran valores similares entre sí, sin diferencias significativas entre materiales ni entre el cubo testigo y el cubo con celosías. Esto se explica por la ausencia o baja intensidad de radiación solar en dichos turnos, lo que confirma que la variable determinante del experimento es la radiación directa que ingresa por la cara de vidrio orientada al sur durante las horas de mayor incidencia.

El turno de la tarde concentra toda la variación analíticamente relevante del experimento. El sensor exterior, en sombra, registró 31.9 °C como referencia ambiental. El cubo testigo —interior sin celosía, con radiación directa— alcanzó 39.1 °C, es decir, 7.2 °C por encima del ambiente exterior. Este diferencial cuantifica con precisión el

efecto de la radiación solar sobre un espacio interior sin protección y constituye la línea base contra la cual se evalúa el desempeño de las celosías.

La comparación clave del experimento es la diferencia entre el testigo (39.1 °C) y las mezclas del prototipo E-9: el mármol triturado registró 37.5 °C (−1.6 °C respecto al testigo), la gravilla 38.2 °C (−0.9 °C) y la marmolina 40.4 °C (+1.3 °C por encima del testigo). Estos resultados indican que el mármol triturado y la gravilla logran reducir la temperatura interior respecto al espacio sin protección, mientras que la marmolina, al acumular mayor calor en su masa, supera incluso la temperatura del testigo durante el pico de irradiación.

Turno	Exterior (sombra)	Testigo (sin celosía)	Celosías (general)	Marmolina	Gravilla	Mármol
Madrugada (0–6 h)	23.8	20.4	21.4	20.2	21.3	21.4
Mañana (6–12 h)	25.4	27.6	25.3	23.5	23.0	23.1
▲ Tarde (12–18 h)	31.9	39.1	37.6	40.4	38.2	37.5
Noche (18–24 h)	28.9	26.1	27.4	28.4	28.6	28.3

▲ Turno crítico · Exterior en sombra: 31.9 °C · Testigo (sin celosía): 39.1 °C (+7.2 °C vs exterior) · Mármol triturado: 37.5 °C (−1.6 °C vs testigo) · Marmolina: 40.4 °C (+1.3 °C vs testigo) · Elaboración propia a partir de archivos HOBOWare.

Tabla 7 Temperatura promedio por turno del día, todos los sensores (°C). La fila de la tarde corresponde al turno crítico del análisis.

5.3 Resumen semanal

El análisis por semana confirma la consistencia de los patrones descritos a lo largo del periodo de monitoreo. La Semana 18, comprendida entre el 1 y el 7 de mayo de 2026, registró los valores promedio y máximos más altos del conjunto, con un pico absoluto de 47.8 °C en el testigo y 47.1 °C en la marmolina el 29 de abril, coincidiendo con el momento de mayor incidencia solar del año para la latitud de Morelia. La Semana 19, que abarca únicamente del 8 al 10 de mayo, muestra una reducción generalizada de valores, consistente con la moderación de las condiciones solares hacia la segunda semana del mes.

Semana	Exterior (sombra)		Testigo (sin celosía)		Marmolina		Mármol triturado	
	Prom.	Máx.	Prom.	Máx.	Prom.	Máx.	Prom.	Máx.
Sem 17 · 24–30 abr	27.5	33.1	28.7	46.5	27.7	44.4	27.2	43.8
Sem 18 · 1–7 may	28.1	33.4	28.9	47.8	28.8	47.1	28.3	44.2
Sem 19 · 8–10 may	26.9	31.2	27.4	43.1	26.9	43.1	26.3	42.0

La Semana 18 (1–7 mayo) registró los valores más altos del periodo · Pico absoluto: Testigo 47.8 °C el 7 may · Marmolina 47.1 °C el 29 abr · Elaboración propia a partir de archivos HOBOWare.

Tabla 8 Resumen semanal por sensor, temperatura promedio y máxima absoluta (°C).

5.4 Conclusiones del análisis higrotérmico

Los resultados del experimento permiten formular cinco conclusiones que orientan la selección de mezcla para la Celosía E-9 y validan su desempeño como dispositivo de control solar:

Primera conclusión. El cubo testigo —interior sin celosía, expuesto a radiación solar directa— superó la temperatura exterior en sombra en 7.2 °C durante el turno de la tarde (39.1 °C vs 31.9 °C). Este diferencial cuantifica el efecto térmico de la radiación solar sobre un espacio interior sin protección y establece la escala del problema que la celosía debe resolver.

Segunda conclusión. El mármol triturado es la única mezcla que logra reducir la temperatura interior respecto al testigo en el turno crítico, con 37.5 °C frente a los 39.1 °C del cubo sin celosía (−1.6 °C). Asimismo, presenta la menor desviación estándar del conjunto (7.2 °C), lo que lo posiciona como la mezcla con mejor desempeño térmico y mayor estabilidad a lo largo del día.

Tercera conclusión. La gravilla registró 38.2 °C en la tarde, situándose 0.9 °C por debajo del testigo. Aunque su reducción es menor que la del mármol triturado, constituye igualmente una mejora respecto al espacio sin protección, con una desviación estándar de 7.5 °C que denota un comportamiento razonablemente estable.

Cuarta conclusión. La marmolina registró 40.4 °C en la tarde, superando en 1.3 °C al cubo testigo. Este comportamiento indica que la marmolina acumula calor solar en su masa y lo irradia hacia el interior del cubo, lo que la descarta como opción favorable para el control térmico en climas de alta incidencia solar como el de Morelia. Su mayor porosidad y menor densidad respecto al mármol triturado explicarían esta mayor absorción y retención de calor.

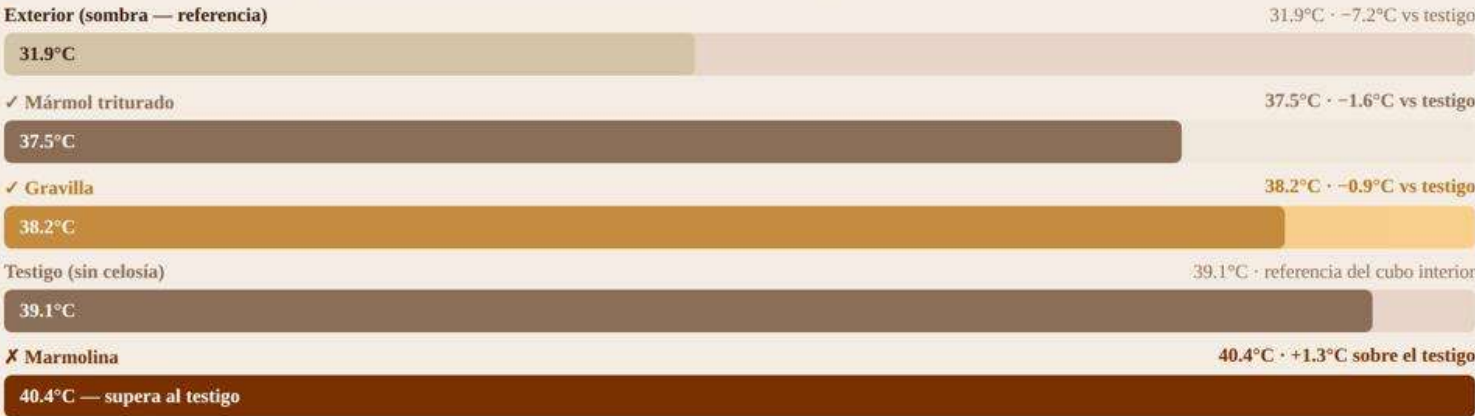
Quinta conclusión. La diferencia entre materiales es significativa únicamente en el turno de la tarde, cuando la radiación solar directa incide sobre la cara de vidrio de los cubos. Durante la madrugada, la mañana y la noche, todos los sensores registran valores prácticamente idénticos, lo que confirma que las propiedades térmicas diferenciales de las mezclas se activan exclusivamente bajo condición de irradiación directa y valida el diseño del experimento como método de comparación controlada.

Con base en los resultados obtenidos, el mármol triturado queda establecido como la mezcla seleccionada para la Celosía E-9, por ser la única que reduce la temperatura interior respecto al espacio sin protección, combinando un desempeño térmico favorable con la menor variabilidad del conjunto. Su textura y tonalidad blanca complementan además las cualidades formales del prototipo, ampliando las posibilidades de aplicación del sistema en distintos contextos arquitectónicos.

COMPARACIÓN CLAVE — TURNO TARDE (12-18 H)



TEMPERATURA EN LA TARDE — COMPARATIVA RESPECTO AL TESTIGO (39.1°C)

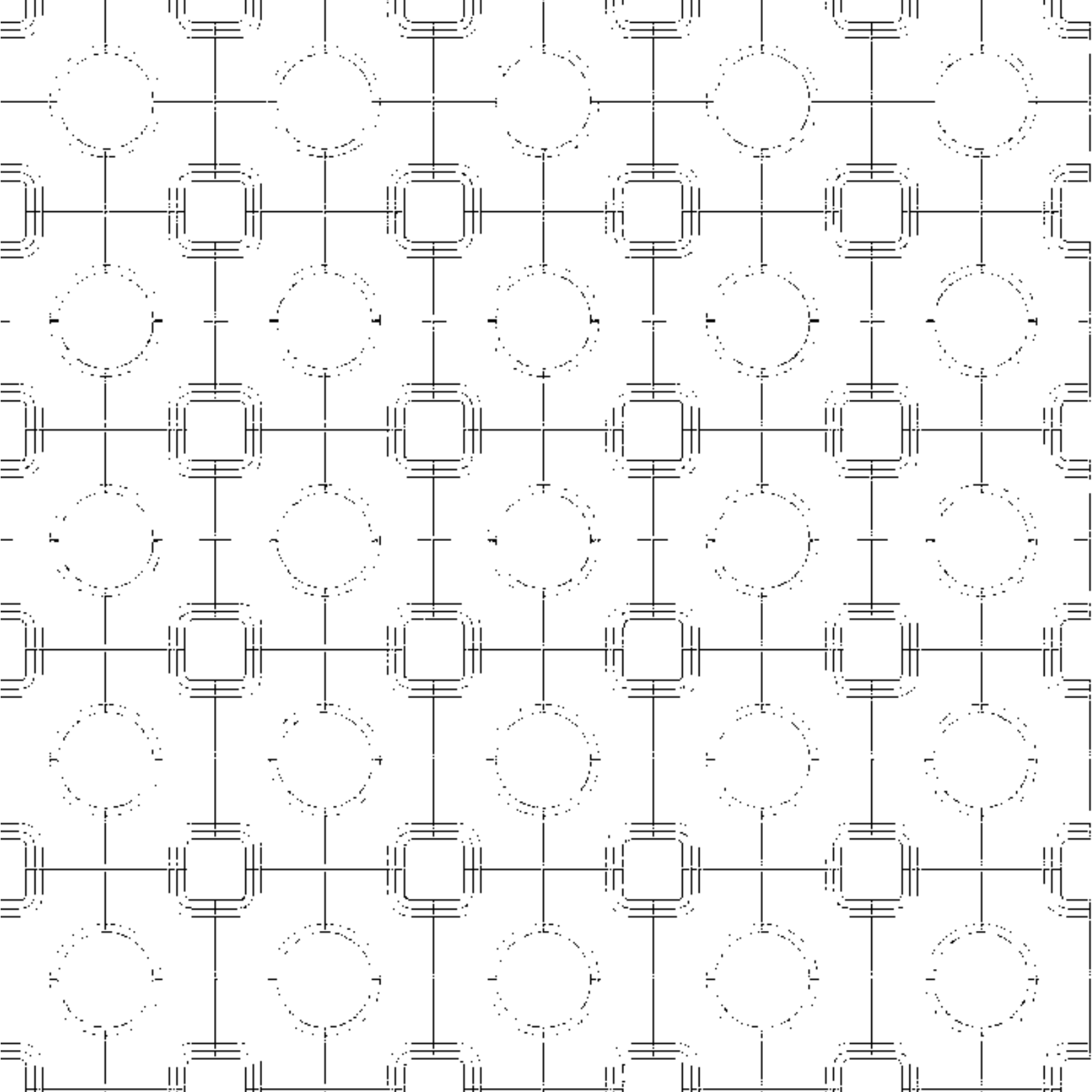


DESEMPEÑO DE MEZCLAS SOBRE E-9 — TURNO TARDE



CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS HIGROTÉRMICO

- 1 El cubo sin celosía (testigo) alcanzó **39.1°C en la tarde**, superando al exterior en sombra en 7.2°C. Este diferencial cuantifica el efecto de la radiación solar directa sobre un espacio interior sin protección y establece la escala del problema que la celosía debe resolver.
- 2 El **mármol triturado** es la única mezcla que reduce la temperatura interior respecto al testigo (37.5°C · -1.6°C), con la menor desviación estándar del conjunto (7.2°C). Su mayor densidad permite una distribución más homogénea del calor absorbido. **Mezcla seleccionada para la Celosía E-9.**
- 3 La **gravilla** registró 38.2°C (-0.9°C vs testigo), constituyendo una mejora moderada respecto al espacio sin protección. Su comportamiento es estable (desv. 7.5°C) aunque inferior al mármol triturado.
- 4 La **marmolina superó al testigo en +1.3°C (40.4°C)**, lo que indica que acumula calor solar y lo irradia hacia el interior, empeorando las condiciones respecto a no tener celosía. Queda descartada como opción de control térmico en climas de alta incidencia solar.
- 5 La diferencia entre materiales es significativa **únicamente en la tarde**, cuando la radiación solar incide directamente sobre el vidrio. En madrugada, mañana y noche los sensores registran valores prácticamente idénticos, lo que valida el diseño experimental como método de comparación controlada.



6.0_Fase de conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

El desarrollo de esta investigación permitió constatar que la metodología de investigación mediante diseño, en el sentido propuesto por Frayling (1993), constituye un proceso de generación de conocimiento tan riguroso como cualquier otro, con la particularidad de que su evidencia es material y su argumento se construye a través de la experiencia directa con los materiales y las formas. Esta fue la conclusión más significativa del proceso, porque determinó la manera en que se leyeron todos los resultados posteriores: no como productos, sino como conocimiento acumulado iteración por iteración.

El recorrido desde los primeros bocetos —E-1, E-2 y E-3— hasta la consolidación del prototipo E-9 como módulo viable implicó doce iteraciones de molde y vaciado, tres cambios de material de molde y dos retornos a la fase de bocetaje. Cada fractura, cada molde que debió sacrificarse para liberar la pieza, cada ajuste en la proporción de la mezcla constituyó una unidad de evidencia que orientó la iteración siguiente.

Este proceso no es prueba y error en el sentido informal del término: es, en términos de Lawson (2005), el ejercicio alternado del pensamiento divergente que genera múltiples posibilidades y el pensamiento convergente que selecciona la solución óptima.

Desde el punto de vista teórico, esta investigación buscó desde su inicio establecer un diálogo entre la teoría de la forma —desde las categorías aristotélicas hasta la percepción gestáltica— y la práctica experimental del diseño. Lo que el análisis del estilo Puuc permitió comprender con mayor profundidad es que ese diálogo no es exclusivo de la tradición teórica occidental: los constructores mayas del período Clásico

tardío llegaron, desde una cosmogonía completamente distinta, a una conclusión que coincide con el planteamiento constructivista de Piaget —que el mundo no es estático sino que se construye activamente— y con el principio gestáltico de Arnheim (1974), que el ojo no registra pasivamente sino que organiza los estímulos que recibe. En la arquitectura Puuc, esa organización está diseñada: los frisos de mosaico de piedra calculan las sombras que la luz producirá a distintas horas del día. La forma no está terminada en la piedra; se completa en la luz. Esta comprensión orientó de manera determinante el diseño del relieve escalonado en E-9, concebido no como ornamento sino como superficie que la luz de Morelia puede activar y transformar.

En lo que corresponde a la dimensión material, los resultados de la validación higrorámica con sensores HOBO confirman que la composición del agregado en la mezcla de cemento blanco incide directamente en el comportamiento térmico de la celosía como dispositivo de control solar pasivo.

Los resultados de la validación higrorámica, confirman que el mármol triturado es la única mezcla que reduce la temperatura interior respecto al cubo testigo en el turno de máxima irradiación, mientras que la marmolina lo supera, descartándose como opción de control térmico en este clima. El material no es la piel del objeto; es parte constitutiva de su forma y de su desempeño: una convicción que el proceso experimental había sugerido desde las primeras fases de vaciado y que los sensores HOBO cuantificaron.

La evaluación del conjunto modular reveló además una dimensión del diseño producida por la relación entre módulos y no por el diseño de cada uno individualmente —es exactamente el principio que opera en las fachadas del estilo Puuc, donde la riqueza del conjunto no reside en la complejidad de cada unidad sino en la multiplicación ordenada de elementos geométricos simples. La lógica compositiva del Puuc no

funcionó solo como punto de partida estético: constituyó un principio generador que el proceso experimental pudo verificar y materializar en el sistema E-9.

Finalmente, en lo que respecta a la transferibilidad de los resultados, esta investigación utilizó el estilo Puuc como referente formal en razón de su riqueza geométrica y de su demostrado entendimiento de la luz y la sombra como materiales de diseño, pero el marco metodológico que produjo —análisis formal de un referente, destilación de su módulo generador mínimo, prototipado iterativo con evaluación material, validación instrumental del desempeño térmico— puede aplicarse a cualquier tradición formal que haya resuelto el problema del control solar mediante la forma arquitectónica.

La celosía islámica del mashrabiya y el jali de la India son ejemplos de sistemas que contienen principios formales que podrían destilarse y recalibrarse para un contexto climático específico mediante el mismo proceso. La aportación central de esta investigación no es el prototipo E-9 en sí mismo, sino el marco metodológico que lo produjo y que queda documentado con suficiente precisión para ser recorrido de nuevo. La forma surgió del lugar, de los materiales disponibles y del proceso de hacerla.

6.2 Recomendaciones

A partir de los hallazgos de esta investigación, se formulan las siguientes recomendaciones, organizadas en dos niveles: las que se derivan directamente del comportamiento térmico del prototipo E-9 y las que apuntan a líneas de investigación futura.

— Dado que las tres mezclas superan la temperatura exterior durante el turno de la tarde —lo que confirma que la celosía acumula calor en su masa durante la irradiación directa—, el sistema debe instalarse con una separación mínima entre la pieza y el espacio interior que permita la disipación del calor mediante ventilación posterior. Sin

esa separación, la celosía transfiere el calor acumulado directamente al espacio que debería proteger.

— El mármol triturado demostró ser la mezcla con mejor desempeño térmico del conjunto, con la menor temperatura registrada en el turno crítico y la menor desviación estándar. Se recomienda su uso prioritario en orientaciones sur y poniente, donde la incidencia solar directa es más intensa. La gravilla constituye una alternativa viable para orientaciones con menor exposición, dado que también redujo la temperatura respecto al testigo, aunque de forma más moderada.

Sobre las líneas de investigación que esta tesis deja abiertas:

— El presente estudio se focalizó en el desempeño térmico. La celosía como dispositivo de control solar afecta también los niveles de iluminación natural interior. Se recomienda complementar la validación con un análisis de luminancia que verifique que el control solar alcanzado no comprometa los niveles mínimos de confort lumínico establecidos por las normativas vigentes.

— El marco metodológico documentado en esta investigación puede aplicarse a otros referentes formales con tradición de control solar. Se recomienda explorar su aplicación a sistemas como algunos otros estilos prehispánicos o del gusto de cada diseñador que compartan con el Puuc la lógica de la forma como mediadora entre el sol y el espacio interior, y contrastar los resultados bajo condiciones climáticas equivalentes. Esto permitiría construir una base comparativa que fortalezca el argumento de la transferibilidad del método.

6.3 Referencias

- Aenheim, R. (1998). *Arte y percepción visual: Psicología del ojo creador*. Alianza Editorial.
- Andrews, G. (1999). *Arquitectura Puuc: El estilo arquitectónico de la región Puuc en Yucatán*. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Aravena, A. (2016). *Incremental Housing and Participatory Design Manual*. Zurich: Park Books.
- Aristóteles. (2004). *Metafísica*. Gredos.
- Arnheim, R. (1974). *Arte y percepción visual: Psicología del ojo creador*. Alianza Editorial.
- Arqueología Mexicana. (1998-2007). *Raíces digitales*. Obtenido de www.arqueomex.com: <https://tiendadigitales.raices.com.mx/reader/e64-uxmal-y-el-puuc-catalogo-visual?location=1>
- Artishock, R. (2018). Eduardo Terrazas: Cosmos Within a Cosmos. *Artishock, Revista*, <https://artishockrevista.com/2018/03/15/eduardo-terrazas-nueva-york/>.
- Artsper. (2024). *Contemporary -artists, Italy*. Obtenido de <https://www.artsper.com/us/contemporary-artists/italy/43241/paul-bik>
- Audo House. (27 de Noviembre de 2025). *Beyond the Surface-Atelier Plateau*. Obtenido de <https://www.audohouse.com>
- Bik, P. (2024). *paulbik*. Obtenido de <https://paulbik.com/about>: <https://paulbik.com/about>
- Boyce, P. (2014). *Human factors in lighting*. CRC Press.

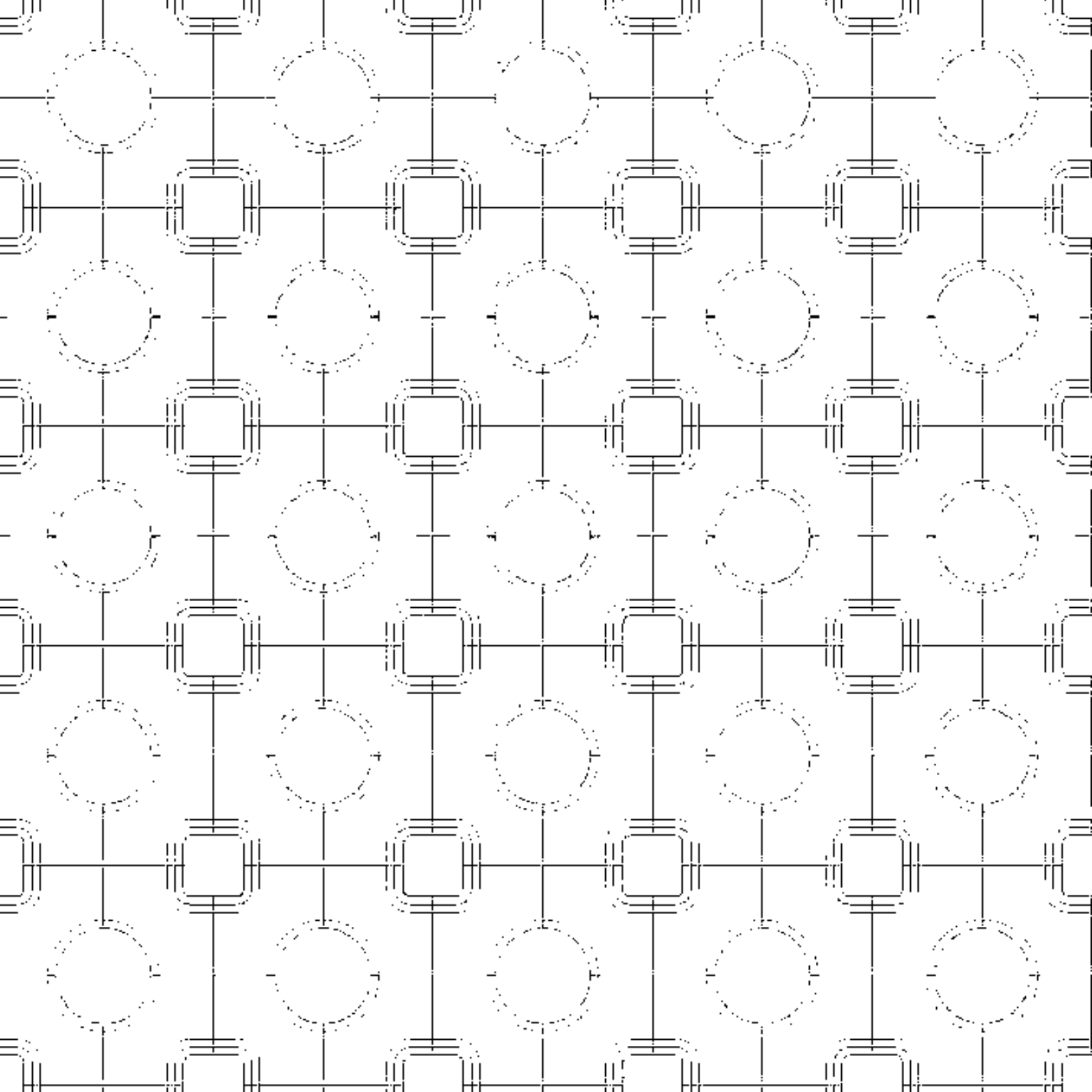
- Bundestag. (s.f.). *Jualia Mangold -Kunst am Bau*. Obtenido de <https://www.bundestag.de/kunst/mangold>
- Climático, I. N. (2018). *Climograma estatal por mes*. Michoacán: CONAGUA.
- Corbusier, L. (2007). *Hacia una arquitectura*. Apóstrofe.
- Cornford, F. M. (1995). *Plato's cosmology: The Timaeus of Plato*. Hackett Publishing.
- Cristina Vidal Lorenzo, G. M. (1997). *La Arquitectura de las Ciudades Mayas del Área Puuc, Yucatán*. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- De la Cruz, J. &. (2019). *Arquitectura bioclimática: Estrategias pasivas para el confort térmico y la eficiencia energética*. Ciudad de Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Derrida, J. (1989). *La escritura y la diferencia*. Anthropos (P. Peñalver, Trad.).
- DesingWanted. (14 de Julio de 2023). *Atelier Plateau: Danish spatial artistry in minimalist reliefs*. Obtenido de <https://designwanted.com>
- Diseño, A. (2023). *Equilibrio Múltiple. Eduardo Terrazas. Obras y proyectos*. Obtenido de <https://a.com.mx/equilibrio-multiple-eduardo-terrazas-obras-y-proyectos/>
- Eco, U. (1986). *Arte y Belleza en la estética medieval*. Lumen.
- Edwards, L. &. (2002). *A literature review of the effects of natural light on building occupants*. National Renewable Energy Laboratory.
- Excélsior. (2023). *El artista visual Eduardo Terrazas traza líneas hacia el infinito*. Obtenido de <https://www.excelsior.com.mx/expresiones/el-artista-visual-eduardo-terrazas-traza-lineas-hacia-el-infinito/1596706>
- Fernández, R. &. (2014). *Manual de diseño bioclimático en arquitectura*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

- Fernández, R. &. (2014). *Manual de diseño bioclimático en arquitectura*. Madrid : Univesidad Politécnica de Madrid.
- Fernández-Puertas, A. (1997). *The Alhambra: from the ninth century to Yusuf (1354)*. Saqi Books.
- Foncerrada de Molina, M. (1962). La arquitectura Puuc dentro de los estilos de Yucatán. *Estudios de Cultura Maya*, 2.
- Foncerradia de Molina, M. (2012). La arquitectura Puuc dentro de los estilos de Yucatán. *Estudios de Cultura Maya*, 2.
- Franling, C. (1993). *Research in Art and Desingn* . Royal College of Art Research Papers.
- G., K. R. (2005). *Chinese houses: The architectural heritage of a nation*. . Tuttle Publishing.
- García, Á. M. (2020). *Confort Térmico*. España: Instituto de seguridad y salud Laboral.
- Gombrich, E. H. (1995). *The story of art*. Phaidon Press (16th ed.).
- González Lobo, C. &. (2012). *Arquitectura popular mexicana: Territorio, cultura y hábitat*. Univeridad Nacional Autónoma de México.
- Groat, L. &. (2002). *Architectural Research Methods*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Heidegger, M. (1994). *La pregunta por la técnica* . Editorial Folio (X. Zubiri, Trad.).
- Kahn, L. I. (1981). *Ligth is the theme* . North Carolina State University, School of design.
- Kant, I. (1998). *Crítica de la razón pura*. Tacnos.
- Kosík, K. (1967). *Dialéctica de lo concreto*. Grijalbo.
- Lam, W. M. (1977). *Perception and lighting as formgivers for architecture*. MIT Press.

- Lawson, B. (2005). *How Designers Think: The Design Process Demystified*. Oxford: Architectural Press.
- Livio, M. (2003). *La proporción áurea: La historia de phi, el número más asombroso del mundo*. Ariel.
- Mangold, J. (s.f.). Julia Mangold. *Portland Art Museum*. Portland Art Museum Collection.
- Mark Major, J. S. (2005). *Made of Light: the Art of Light and Architecture*. Birkhäuser Verlag.
- Mendianta, E. P.-M. (2002). Energía Solar y Arquitectura. *Revista UNAM*.
- Mexicanos., L. (s.f.). *Las posibilidades del color: Eduardo Terrazas*. Obtenido de <https://lideresmexicanos.com/noticias/las-posibilidades-del-color-eduardo-terrazas>: <https://lideresmexicanos.com/noticias/las-posibilidades-del-color-eduardo-terrazas>
- Meyer, J. (2001). *Minimalism: Art and polemics in the sixties*. Yale University Press.
- Ministerio de Industria, T. y. (2007). *Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*. España: Boletín Oficial del Estado.
- Monclova, P. (s.f.). *Eduardo Terrazas – Artworks & Biography*. Obtenido de <https://www.proyectosmonclova.com/artists/eduardo-terrazas>
- Morris, D. (2015). *El mono desnudo*. Ciudad de México: Penguin Random.
- Murillo Galvis, M. C. (2023). Impacto del cambio climático en el desempeño térmico de viviendas según su nivel de altura. *Arquitectura y Urbanismo*, 20-30.

- Nacional, Servicio Meteorológico (SMN). (2010). *Normales climatológicas*. Morelia, Michoacán: Comisión Nacional del Agua.
- Nordic Design. (12 de Octubre de 2020). *Discover the work of Atelier Plateau*. Obtenido de <https://nordicdesign.ca/discover-the-work-of-atelier-plateau/>
- Normalización, O. I. (2005). *Ergonomía del ambiente térmico: Determinación analítica e interpretación del confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios locales de confort térmico*. Organización Internacional de Normalización ISO.
- Olgyay, V. &. (1963). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press.
- Piaget, J. (1970). *La psicología de la inteligencia*. Psique/Paidós.
- Plateau, A. (27 de Noviembre de 2025). Obtenido de <https://www.atelierplateau.com>
- Pollock, H. E. (1980). *The Puuc: An Architectural Survey of the Hill Country of Yucatán and Northern Campeche, México*. Peabody Museum Press.
- Rivera Dorado, M. (2002). La ceiba y la Luz: el estilo artístico y el paisaje de los mayas de Yucatán. *Revista Española de Anntropología Americana*, 32, 69-89.
- (SMN), C. M. (2010). *Normales climatológicas* . Morelia, Michoacán: Comisión Nacional del Agua.
- South, S. (s.f.). *Eduardo Terrazas*. Obtenido de <https://south-south.art/artists/eduardo-terrazas/>
- Terrazas, E. (s.f.). *Proyectos Monclova*. . Obtenido de <https://www.proyectosmonclova.com/artists/eduardo-terrazas>

- Vela, E. (Octubre de 2015). *Arqueología Mexicana*. Obtenido de El estilo Puuc. Arqueología Mexicana: <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/el-estilo-puuc>
- Venezia., L. B. (2024). *Eduardo Terrazas*. Obtenido de <https://www.labiennale.org/en/art/2024/abstractions/eduardo-terrazas>
- Viqueira, M. R. (2001). *Introducción al Diseño Bioclimático*. México: Limusa.
- Volupt Art. . (2019). *Eduardo Terrazas el arquitecto que conquistó el mundo del arte*. Obtenido de <https://voluptart.org/eduardo-terrazas-el-arquitecto-que-conquisto-el-mundo-del-arte/>
- Wertheimer, M. (1987). Leyes de la organización perceptual. Clásicos de la psicología de la forma. En J. G. Moriyón, *Clásicos de la psicología de la forma* (págs. 15-45). Alianza Editorial.
- Wong, W. (2010). *Fundamentos del diseño bidimensional y tridimensional*. Gustavo Gili.
- Wundt, W. (1998). *Introducción a la psicología*. Alianza Editorial.
- Yeang, K. (2006). *Ecodesign: A Manual for Ecological Design*. London: Thames & Hudson.
- Yinjispace. (11 de Octubre de 2023). *Polish Artists x Paul Bik*. *Yinjispace*. Obtenido de <https://yinjispace.com/article/Paul-Bik.html>



Adriana Rodríguez Martínez

Investigación mediante Diseño Marco Metodológico para la Conceptualización de Principios Formales Ancestrales en Disp...

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:602599884

Fecha de entrega

25 jun 2026, 9:00 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

25 jun 2026, 9:13 a.m. GMT-6

Nombre del archivo

Investigación mediante Diseño Marco Metodológico para la Conceptualización de Principios For....pdf

Tamaño del archivo

12.5 MB

206 páginas

32.804 palabras

193.006 caracteres

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Maestría en Diseño Avanzado	
Título del trabajo	Investigación mediante Diseño: Marco Metodológico para la Conceptualización de Principios Formales Ancestrales en Dispositivos de Control Solar Contemporáneos. Análisis formal y validación experimental de celosías bioclimáticas para espacios de clima cálido en Morelia, Michoacán.	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Adriana Rodríguez Martínez	0703036d@umich.mx
Director	Juan Alberto Bedolla Arroyo	alberto.bedolla@umich.mx
Codirector	Axel Becerra Santacruz	axel.becerra@umich.mx
Coordinador del programa	Habid Becerra Santacruz	mae.dis.avanzado@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	sí	Ortografía y gramática

