

# 5° ENCUENTRO DE EXPERIENCIAS INSTRUMENTALES

Procesos avanzados de diseño  
generativo en arquitectura.

Edición en línea: ISSN 3028-3256 (en línea) | Volumen 1 | No. 1 – 2023 | Publicación Anual

# Conferencia

FabLab Colombia

20  
23

5to. Encuentro  
de Experiencias  
Instrumentales

## Explorando Nuevas Fronteras en el Diseño Computacional

Arq. José Enrique Hernández Díaz

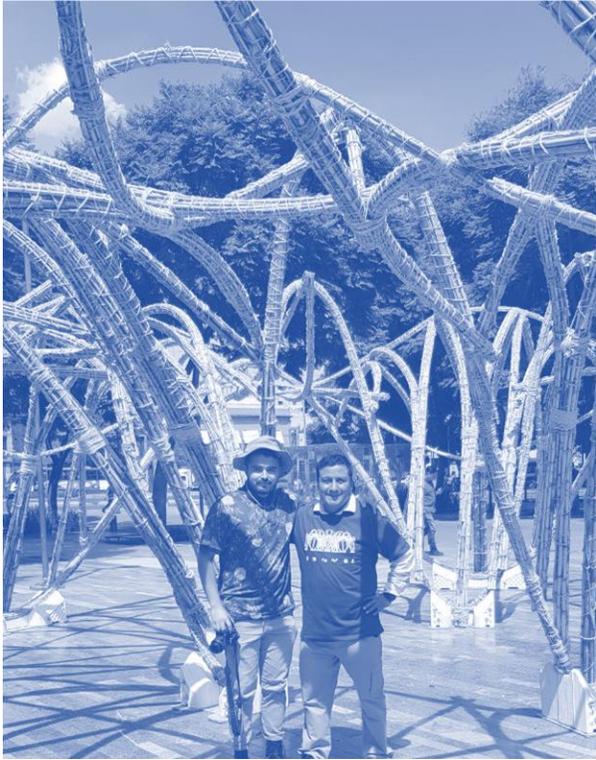
Lab. Arquitectura + Diseño y Tecnología Experimental  
Unidad de Posgrado en Arquitectura





**LAF**



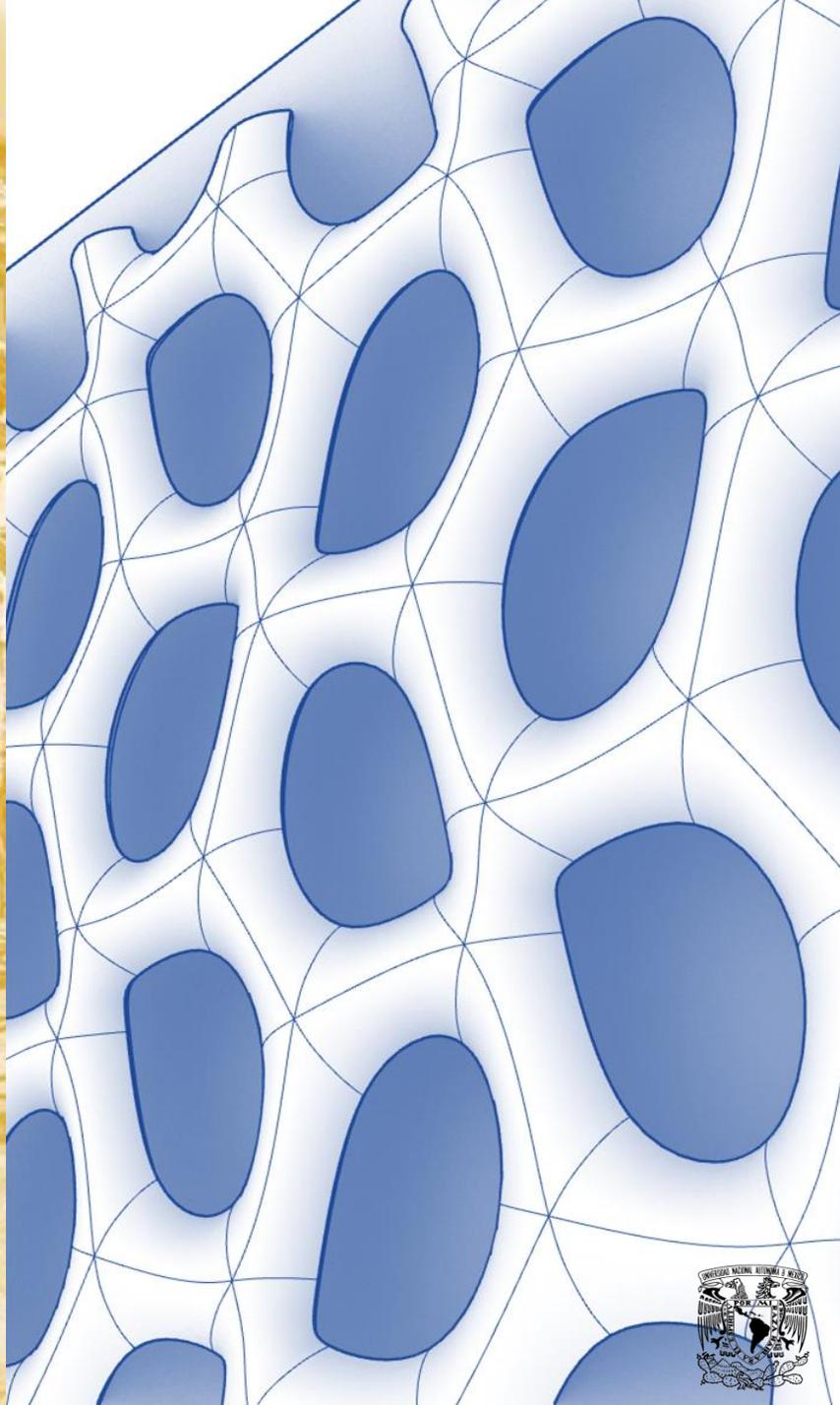


## Arquitectura + Diseño y Tecnología Experimental · LATE

- **Dr. en Arq. Ronan Bolaños Linares**
  - **Mtro. José Luis Encarnación**
  - **Mtro Esp. Rodrigo Shiordia**

## Laboratorio de Estructuras Ligeras. LEL

- **Dr. Arq. Juan Gerardo Oliva**
  - **Arq. Esp. Marco Ontiveros**





# Pabellón UNAM Mextrópoli 2022

Alameda Central,  
Ciudad de México, México

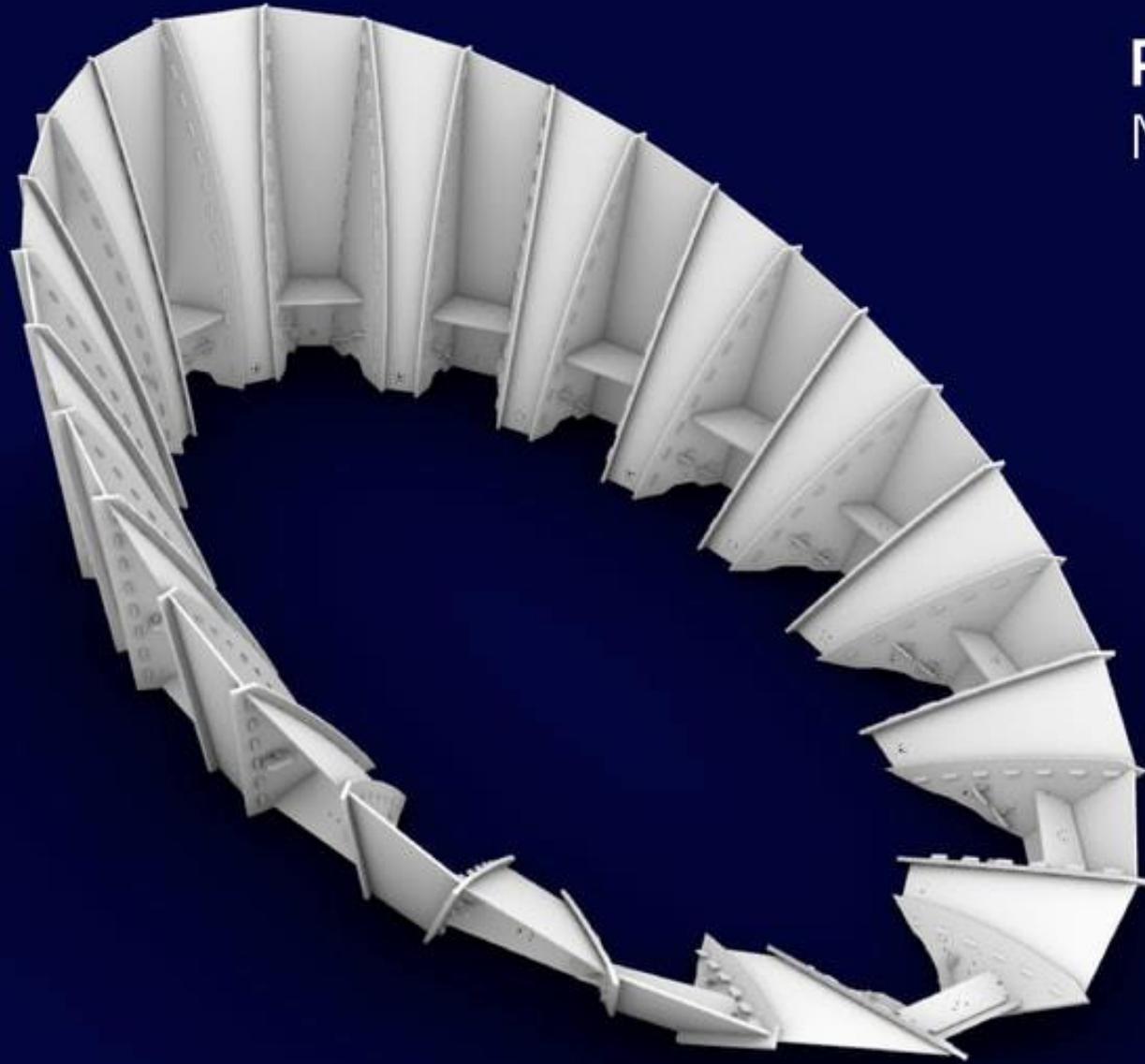
Arquitectura + Diseño y  
Tecnología Experimental -  
LATE

Laboratorio de Estructuras  
Ligeras.  
L.E.L.



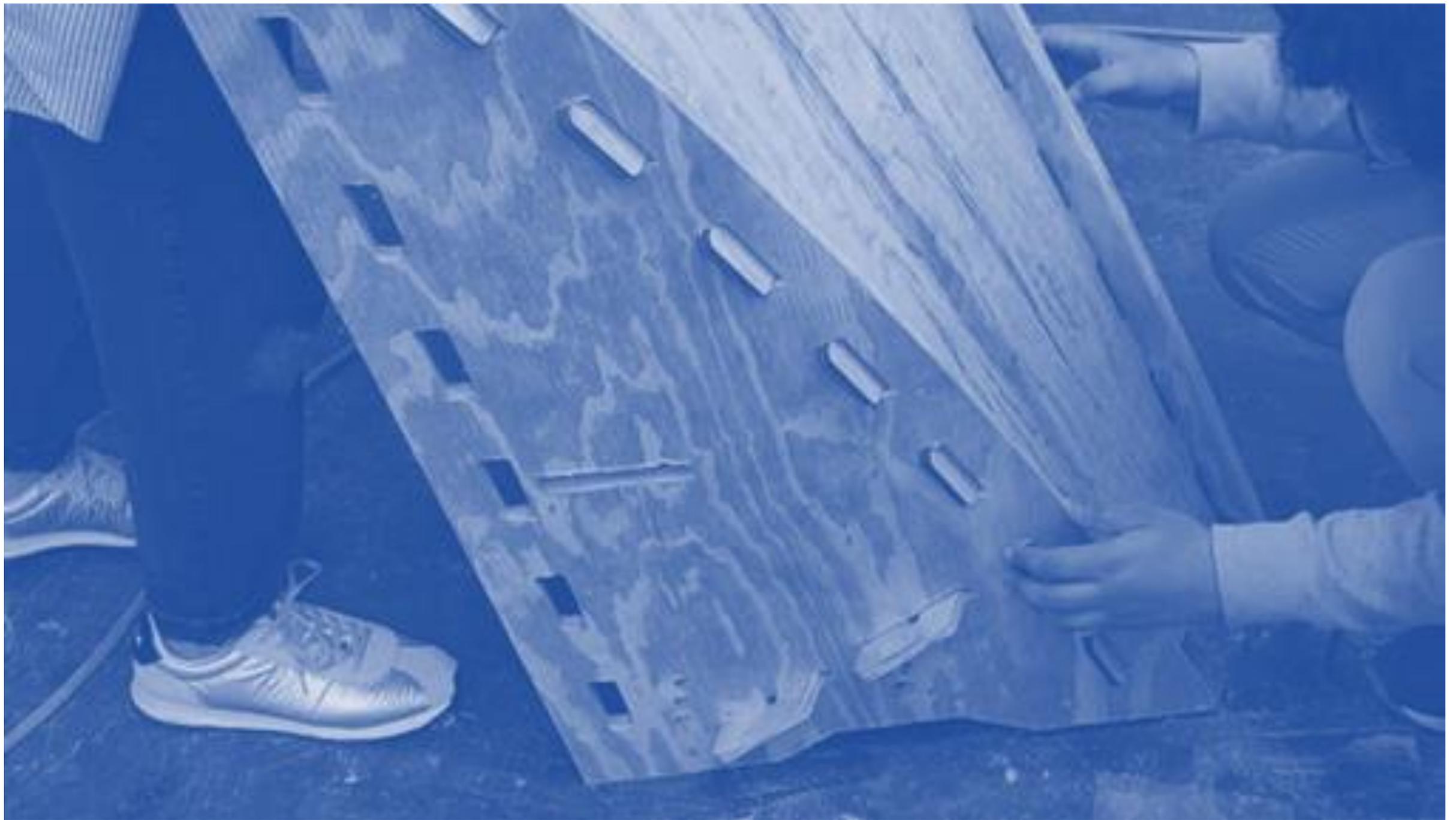
- **Diseñado de forma paramétrica y fabricado digitalmente, tiene una planta elíptica de 6.60 x 3.60 metros y una altura de 2.30 metros.**
- **Sus dimensiones, cualidades estructurales y constructivas se deben a la laminar plegada de triplay prefabricada mediante fresado con cortes perpendiculares en el laboratorio con un brazo robótico programado y maquinaria CNC.**

# Pabellón UNAM Mextrópolis 2022



fa

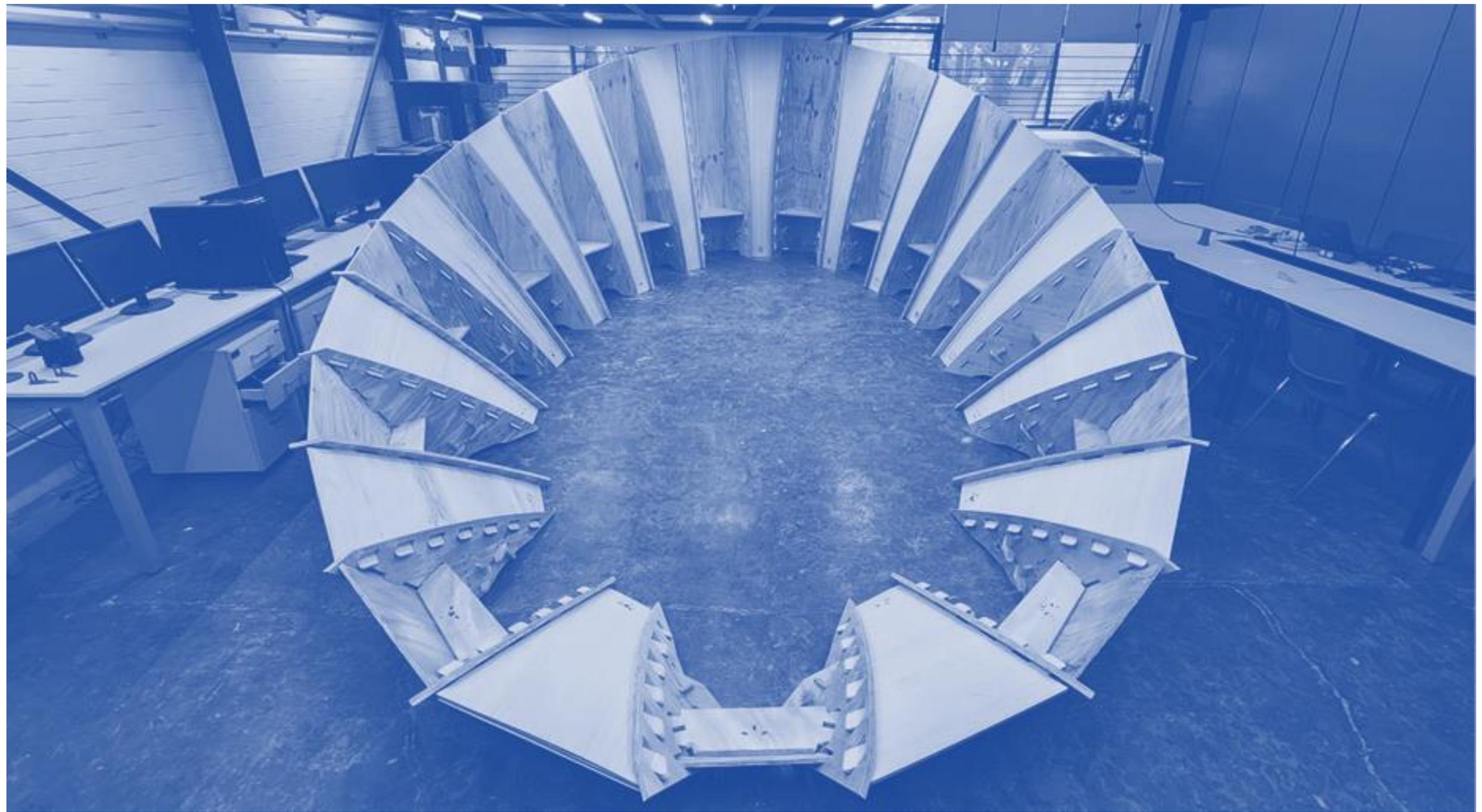






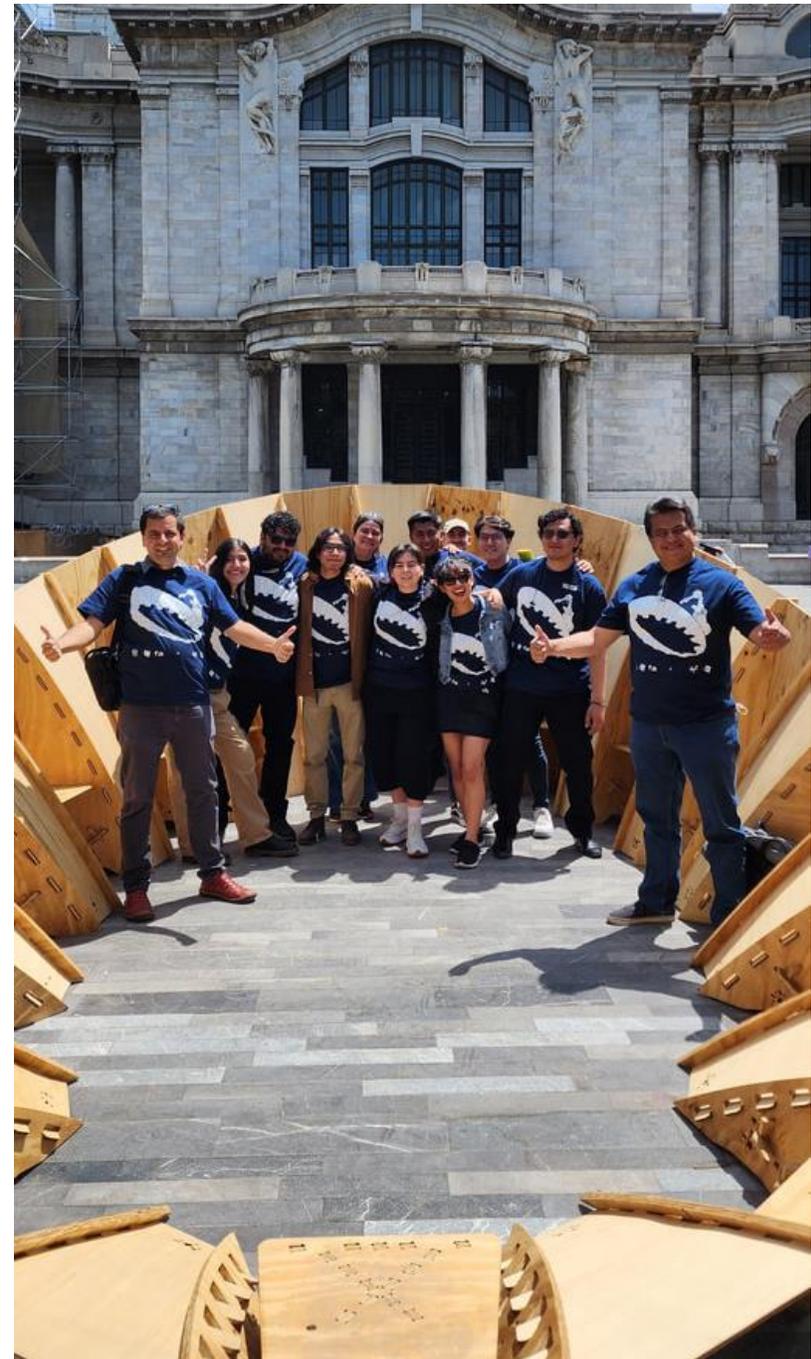
















# **PabUNAM 2023**

**Laboratorio de  
Estructuras Ligeras. L.E.L.**

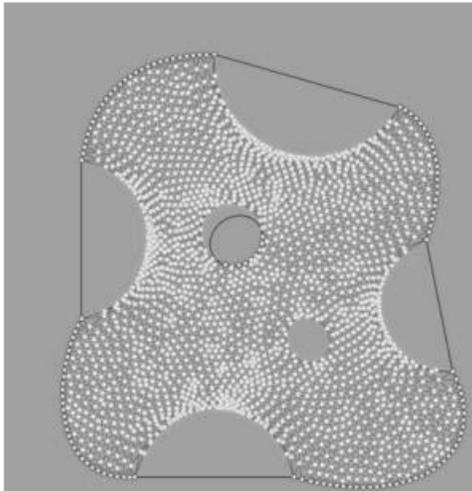
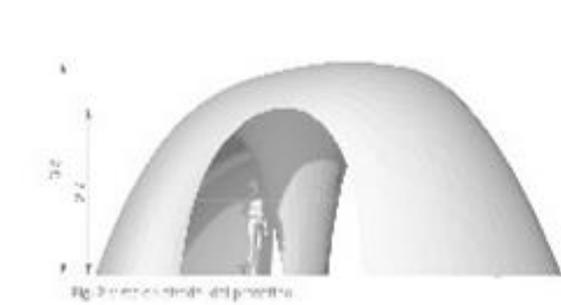
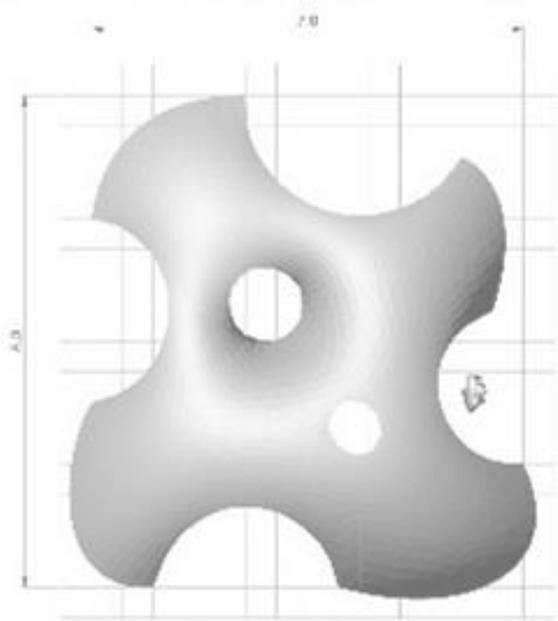
**Ciudad Universitaria,  
Ciudad de México, México**



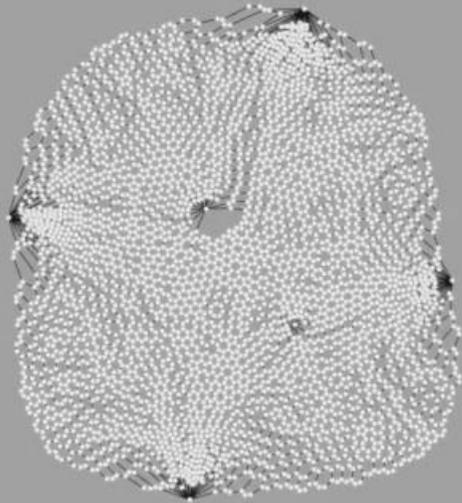
**Es Prototipo construido con bóvedas esferoidales de ladrillo y bordes curvos metálicos.**

**El PabUNAM se concibió como la combinación de bóvedas con diversas geometrías complejas de dentro del método de Form Finding con ladrillo recargado**

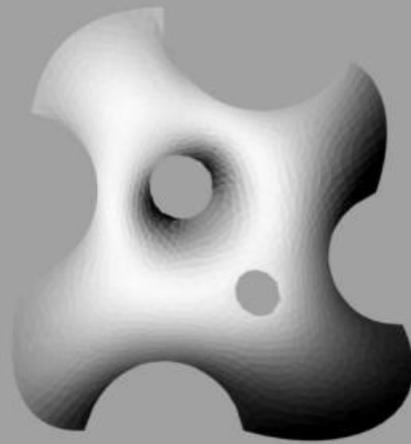




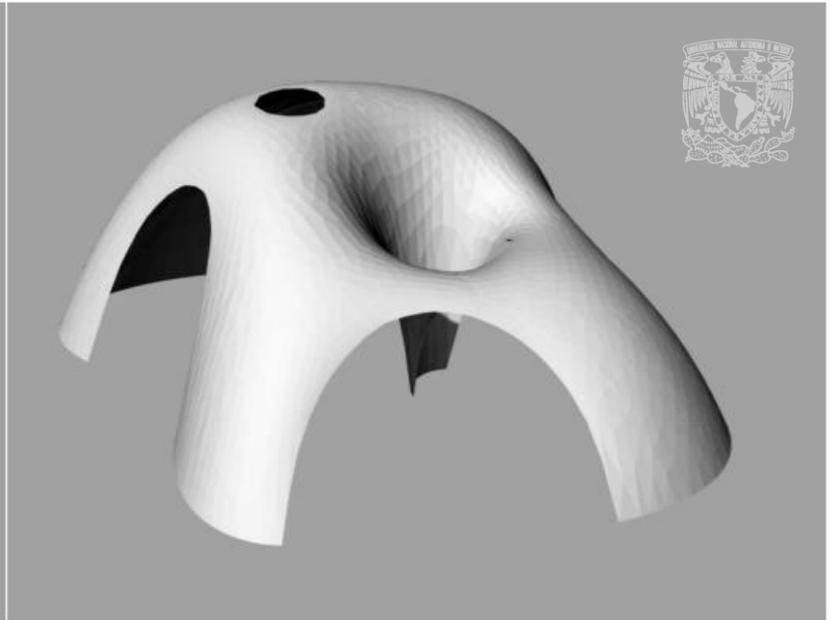
Form Diagram

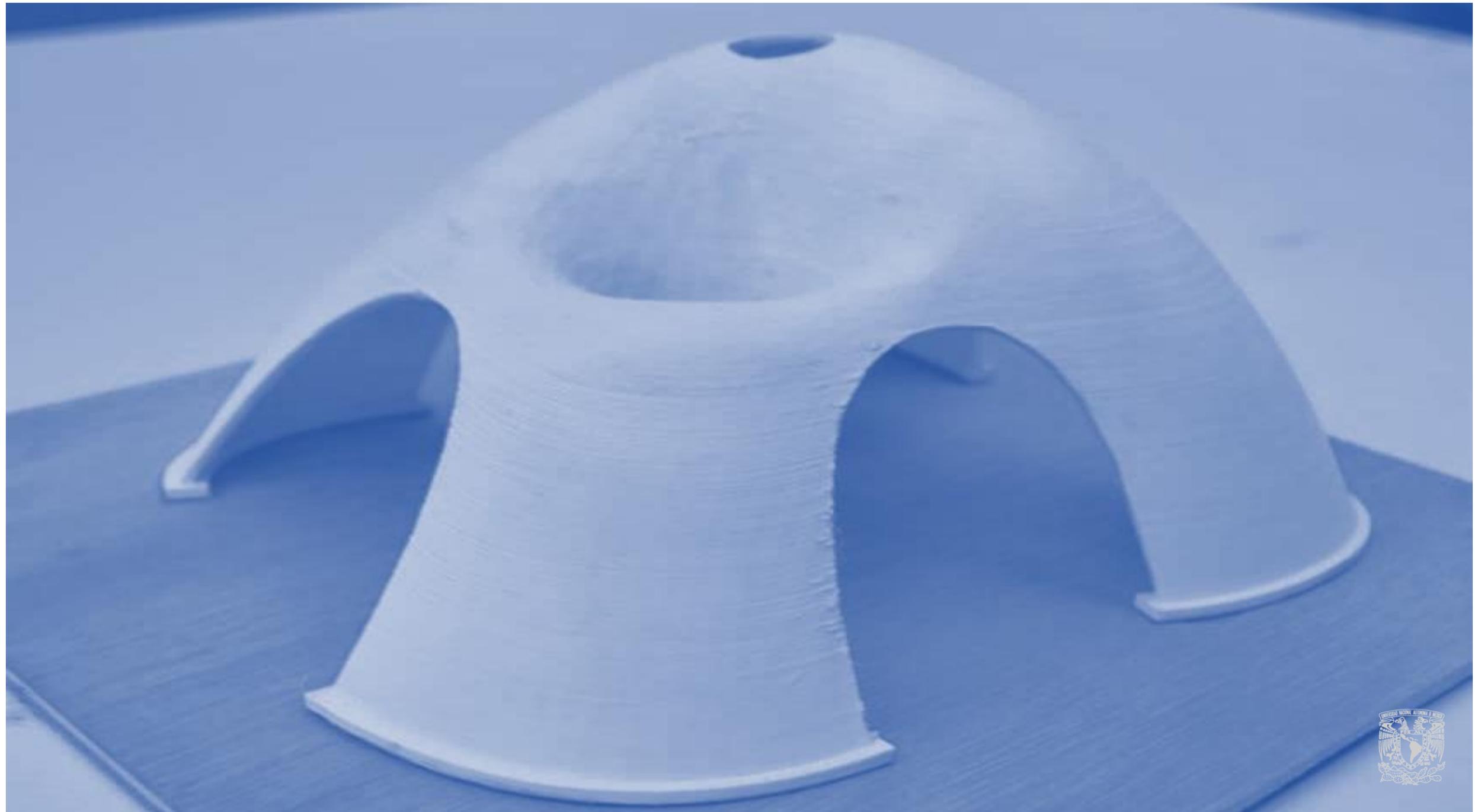


Force Diagram



Thrust Diagram

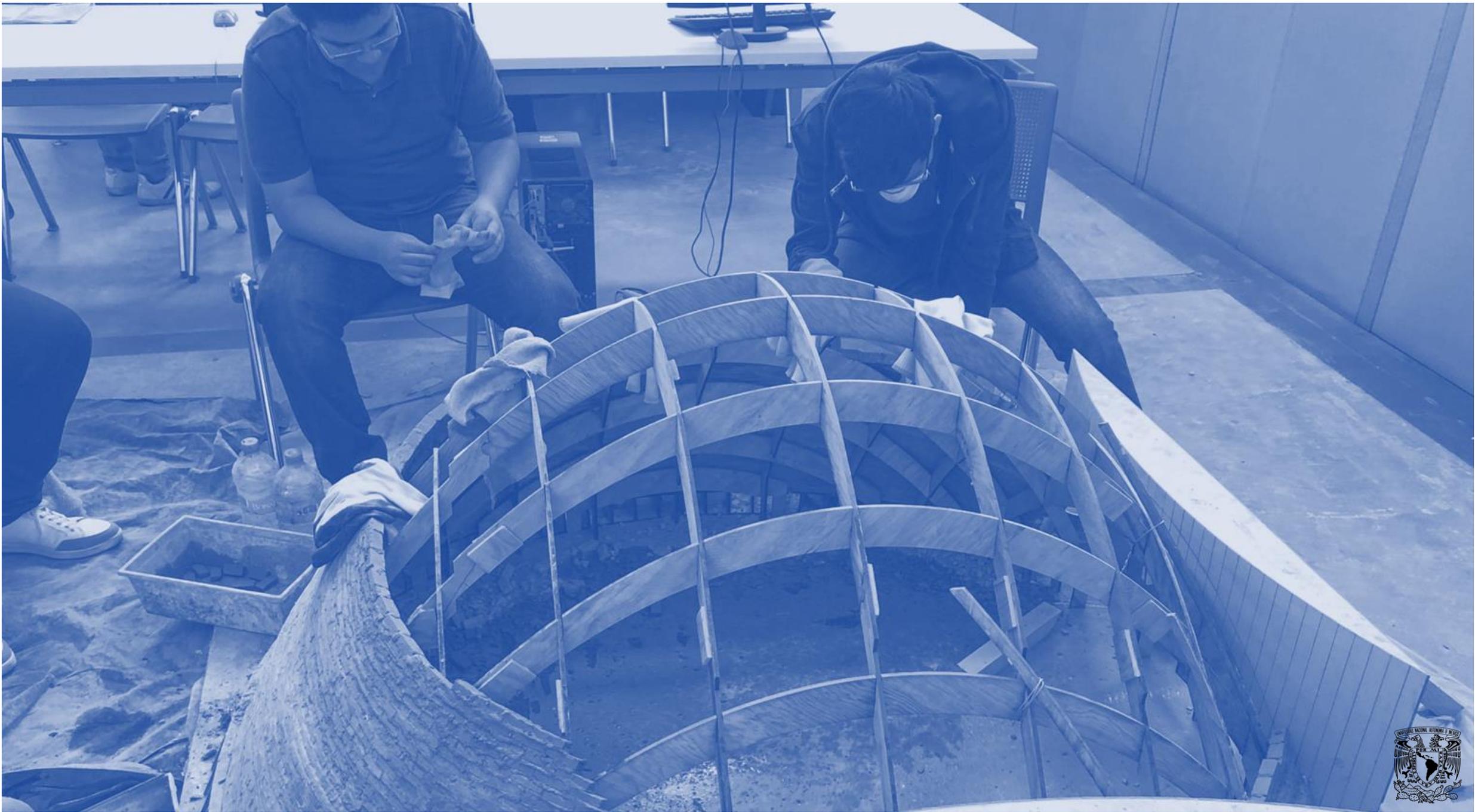


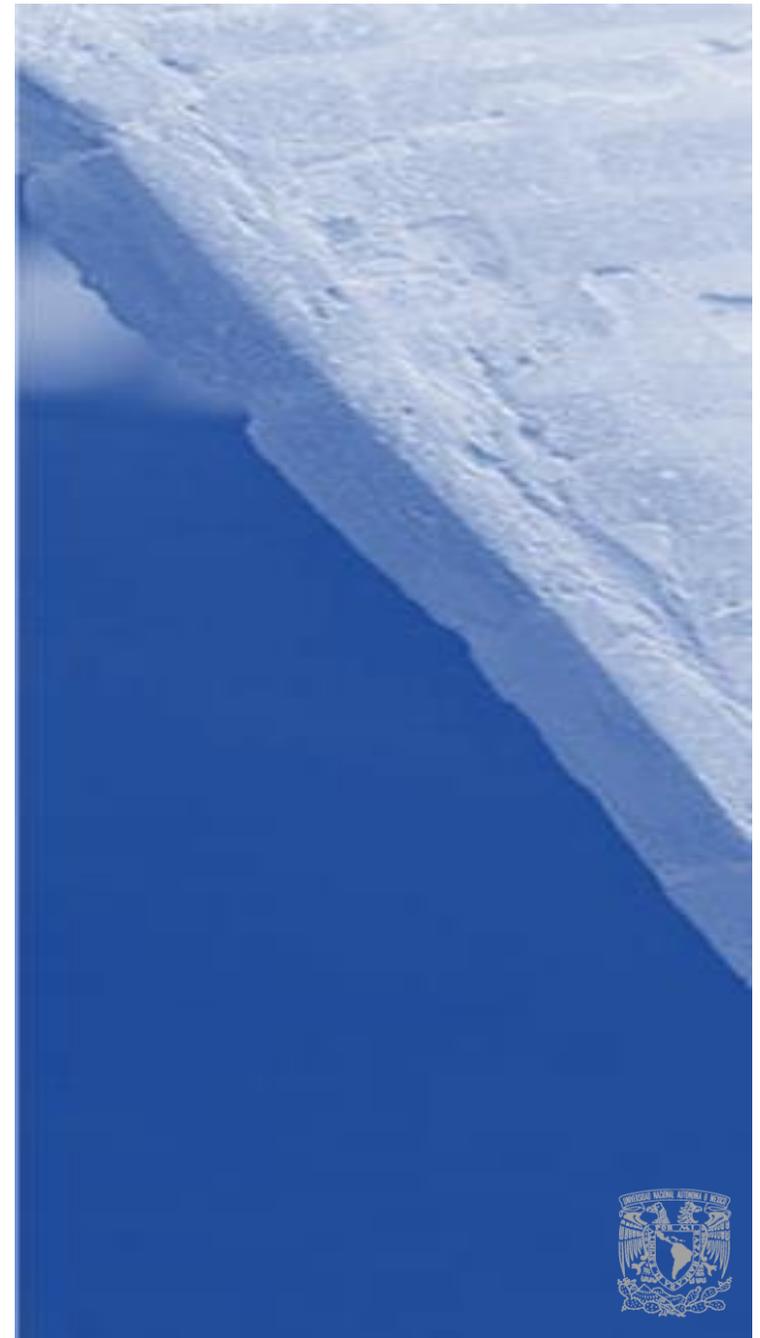
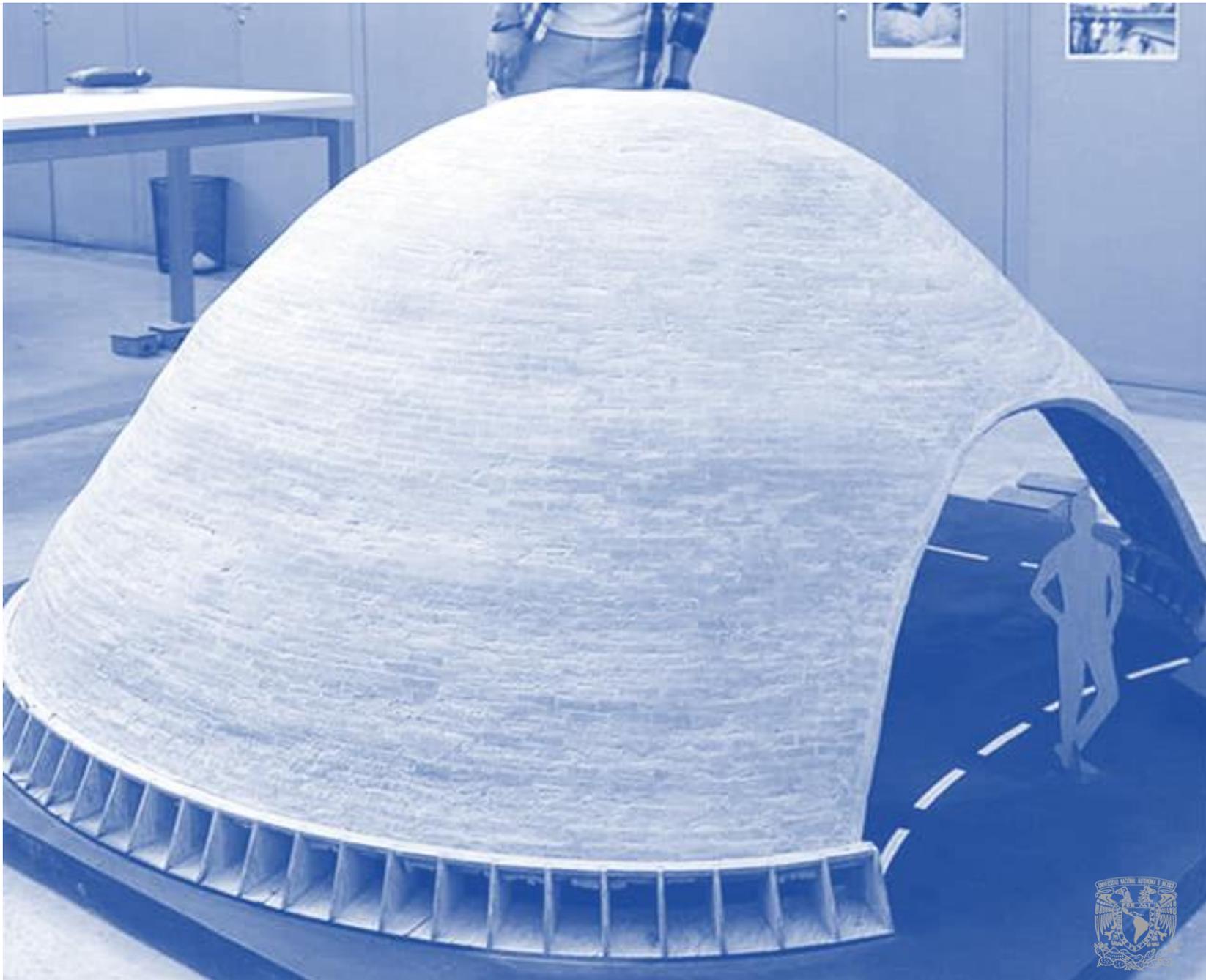




**El proceso de determinación de la forma se hizo a través del *Plug-In RhinoVAULT*, desarrollado por Philippe Block y su grupo de investigación en la ETH-Zúrich. El diseño comprende de cinco arcos de acceso, cinco apoyos y dos óculos.**



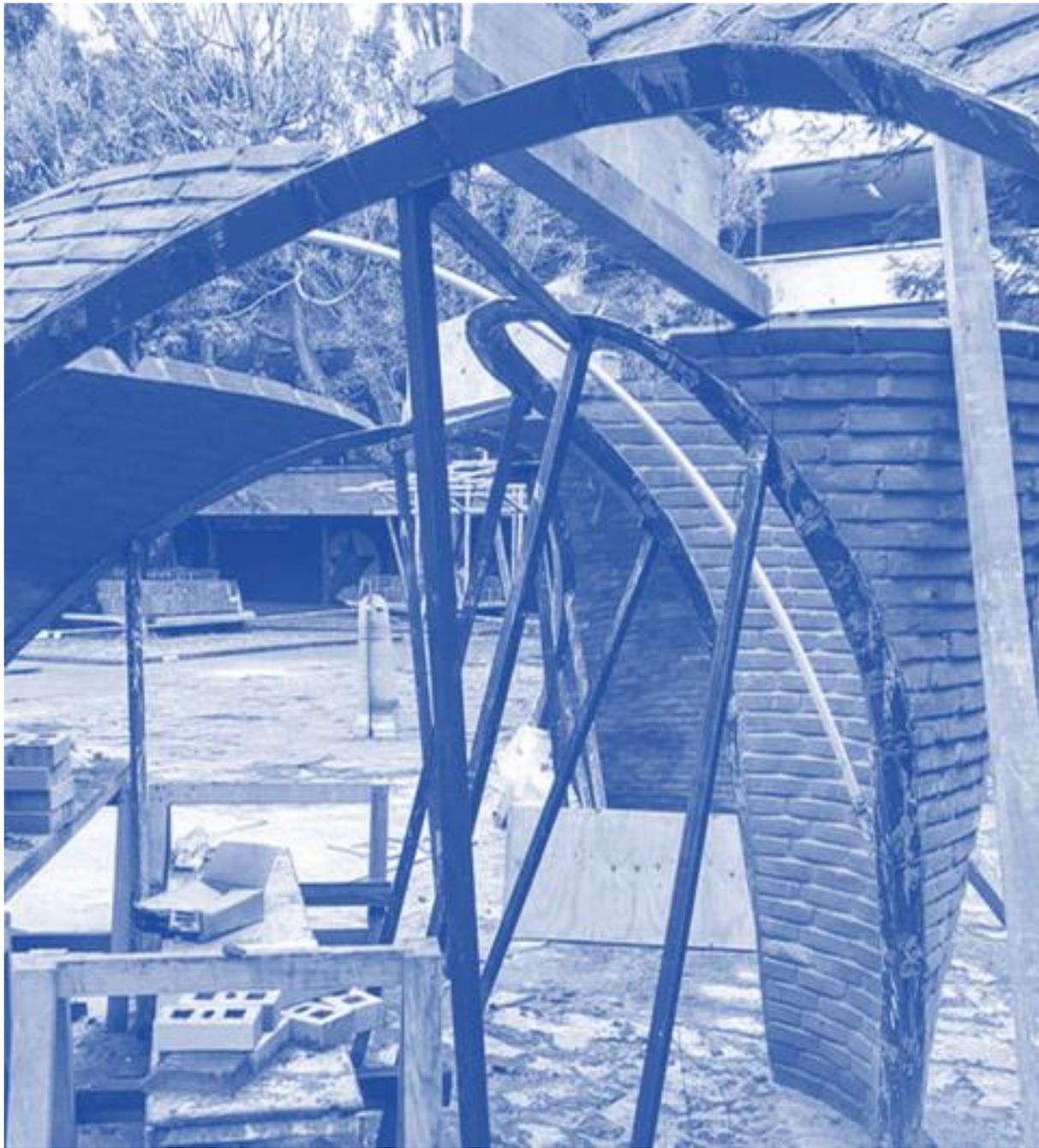


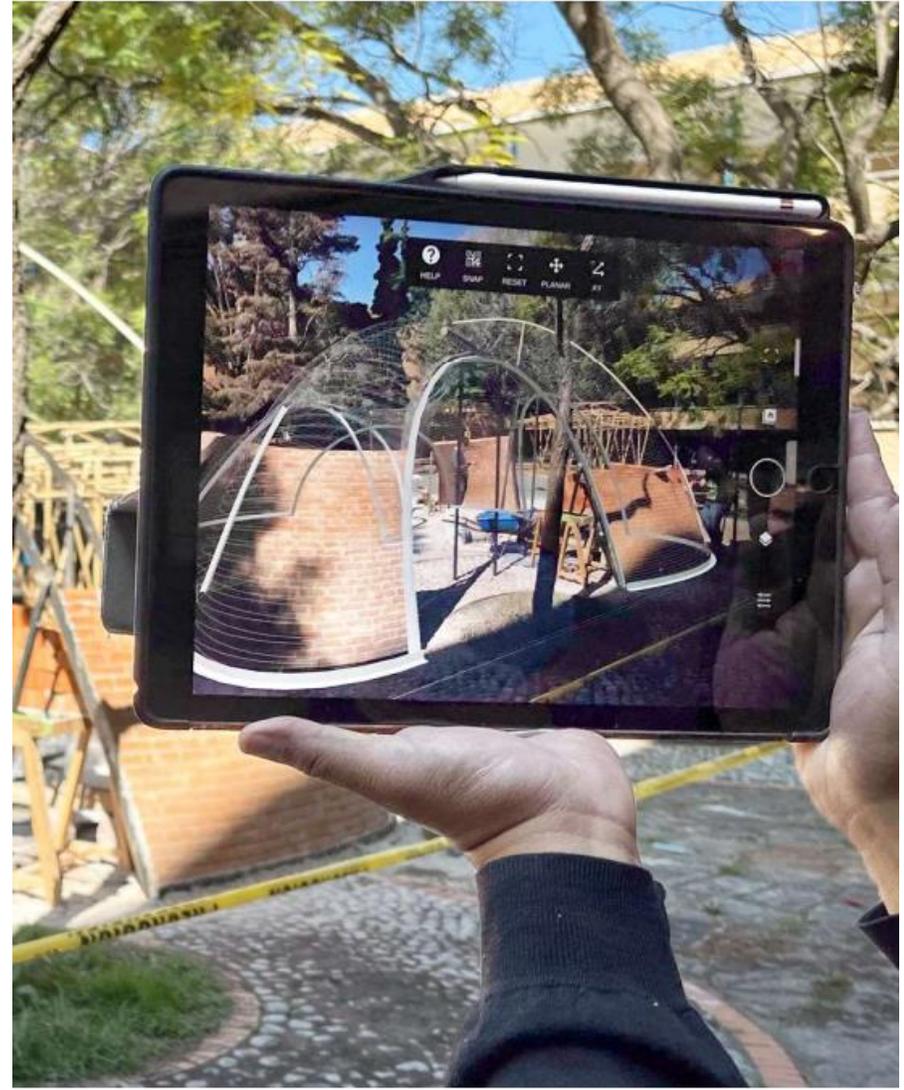














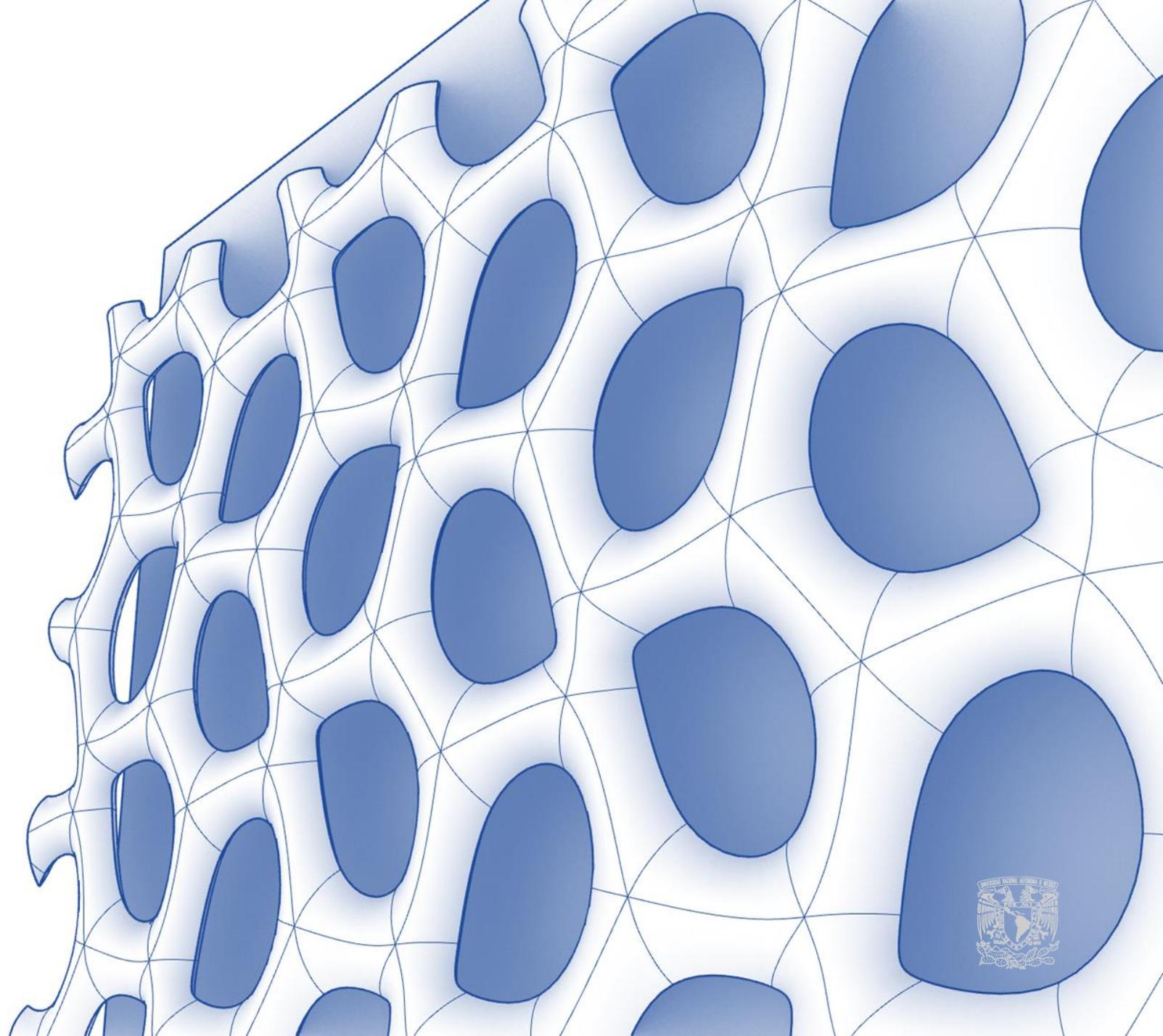


# Sistemas de Panalización en Fachadas Arquitectónicas

Programa de Posgrado en Arquitectura

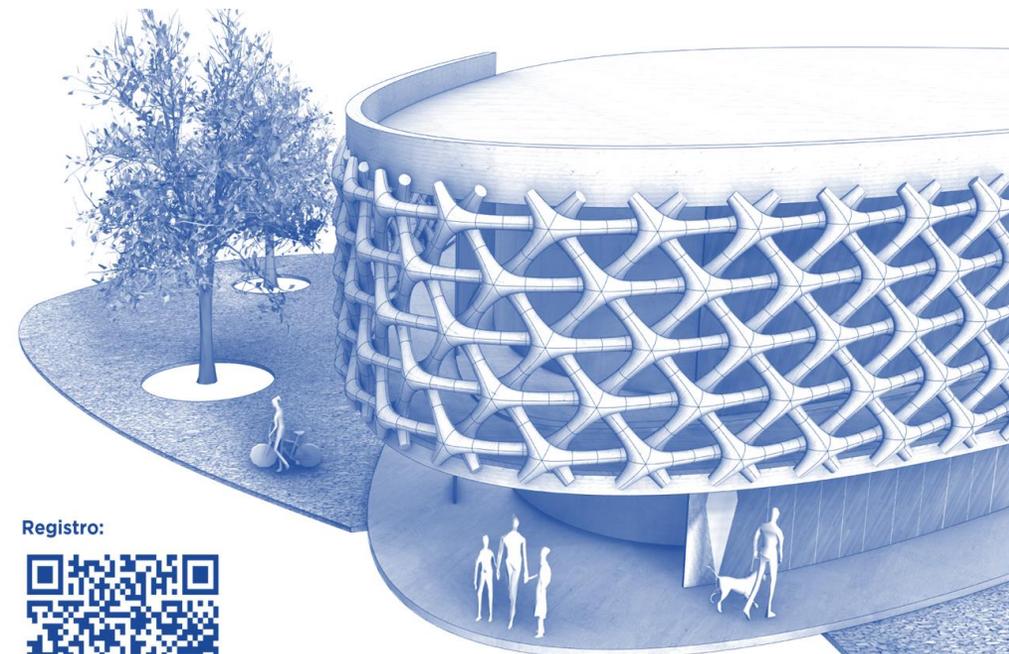
Facultad de Estudios  
Superiores Acatlán

INNU Arquitectura



# Work | 20 Shop | 23

Diseño Computacional de  
Envolventes Arquitectónicas en  
Sistemas de Prefabricados



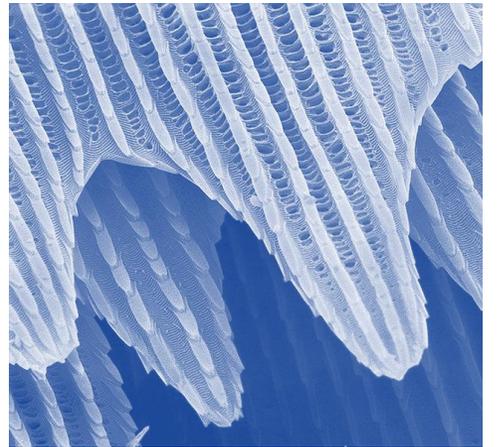
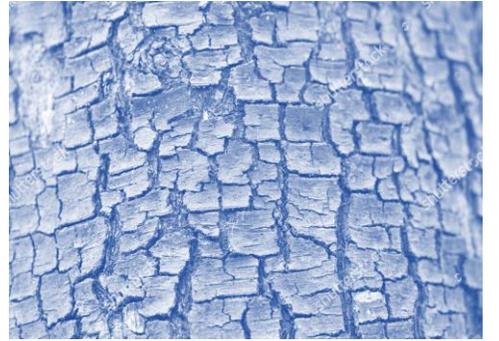
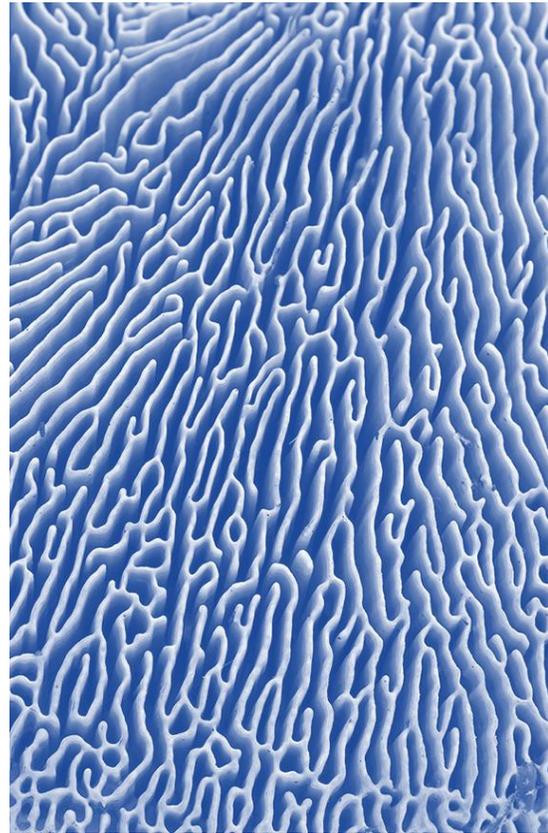
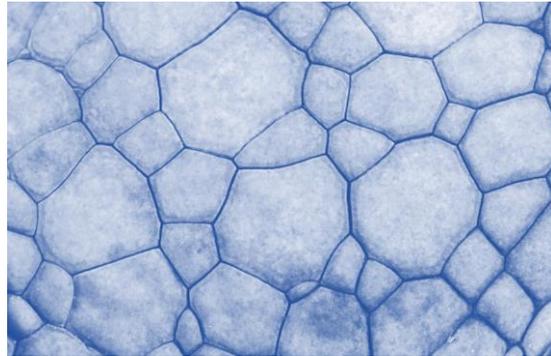
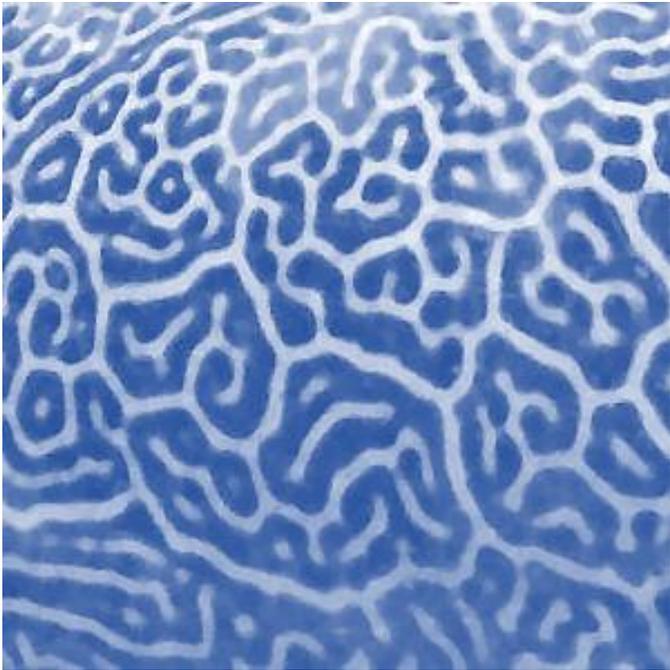
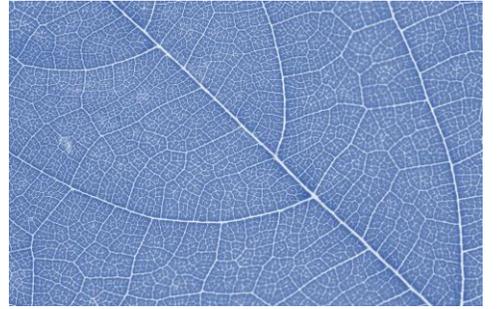
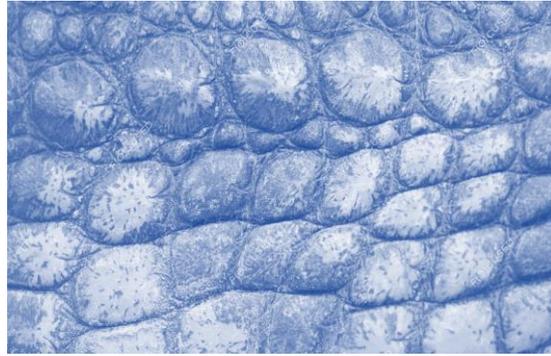
La naturaleza es experta para crear segmentaciones geométricas usando trucos derivados de su proceso evolutivo para lograr la mejor solución.

**Morfología  
Adaptativa**

=

**Poco consumo  
energético celular**





**Forma y geometría**

**Análisis de rendimiento**

**Optimización de materiales**

**Simulación de carga y resistencia**

**Fabricación digital**



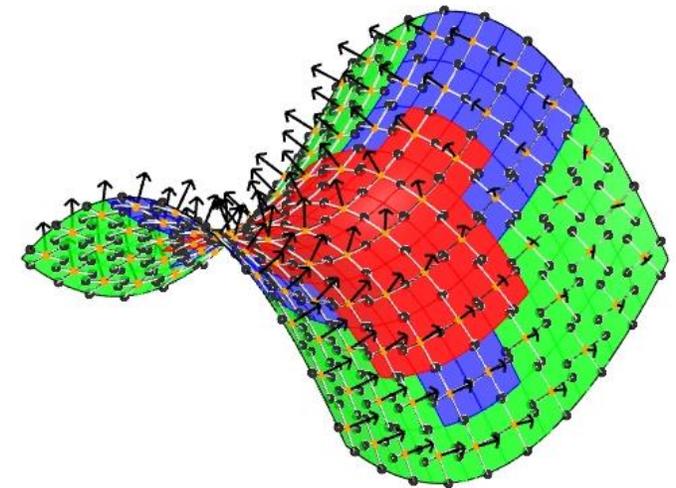
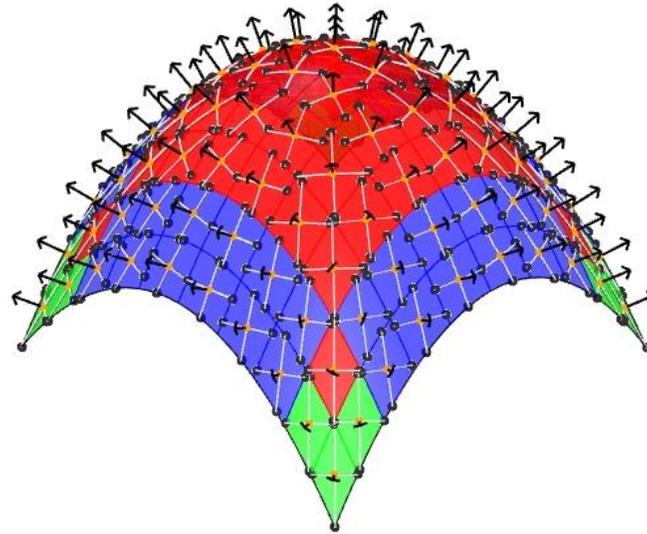
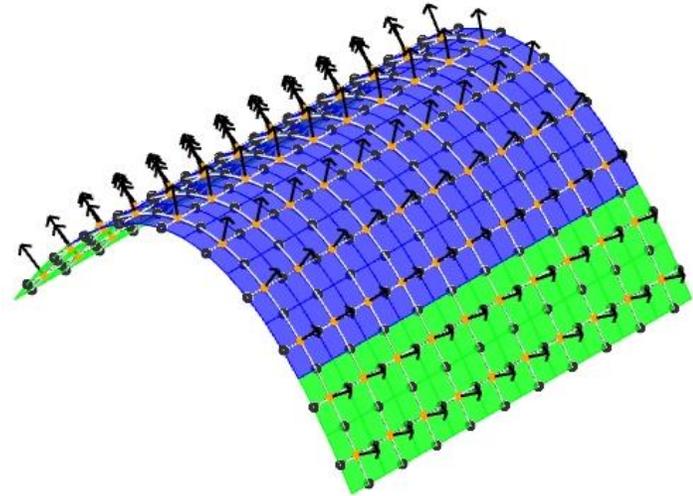
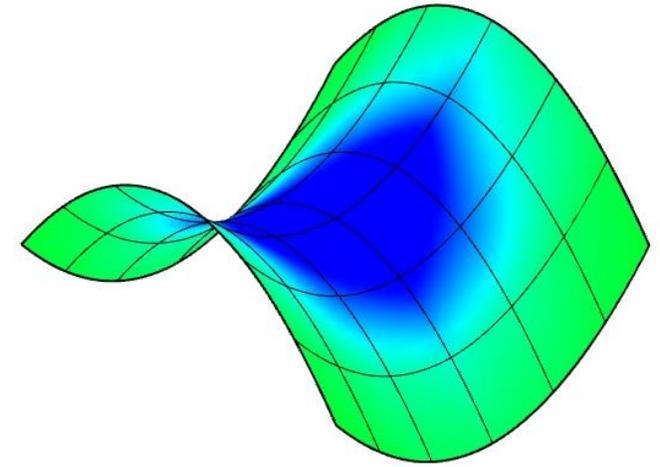
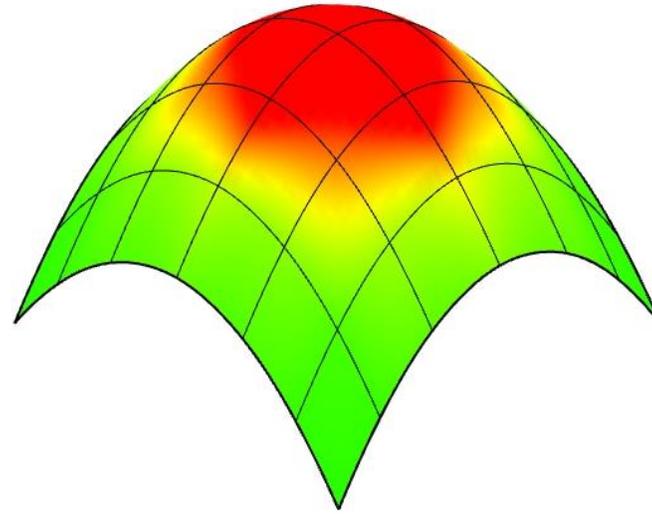
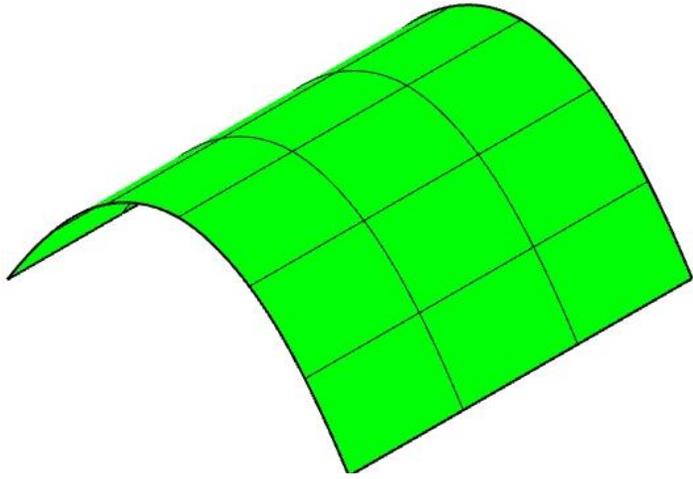
# Forma y Geometría



# ¿Qué es la Panalización de Superficies?

**Implica dividir una superficie continua en pequeñas celdas o paneles, lo que facilita su manipulación, análisis y optimización.**



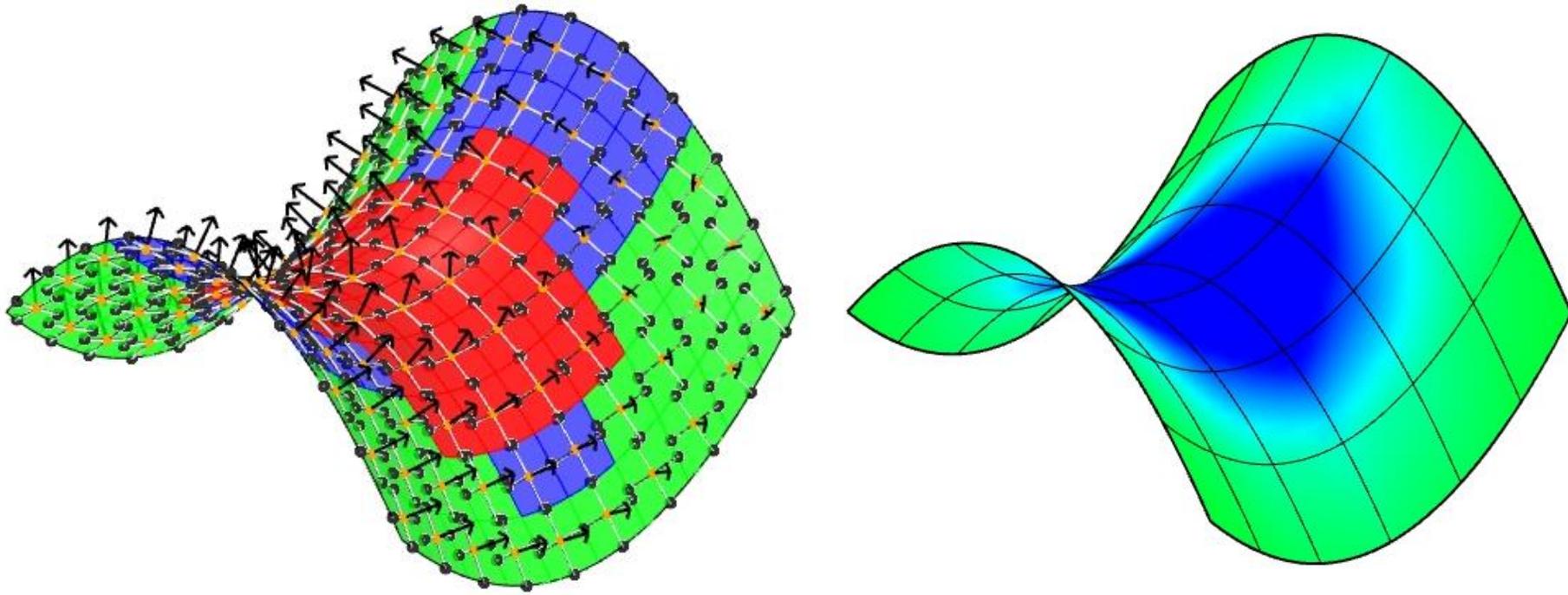


**Monoclástica**

**Sinclástica**

**Anticlástica**





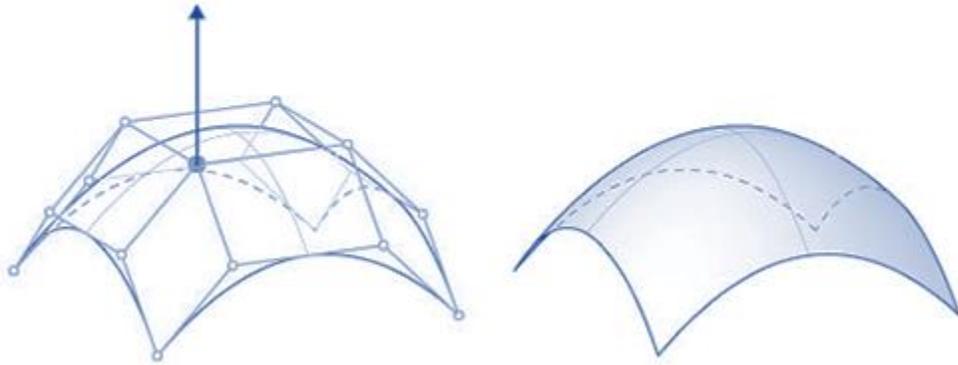
**La compresión del tipo de geometría se está desarrollando en el proyecto es parte de la anticipación a dilemas constructivos que podemos presentar en la obra.**



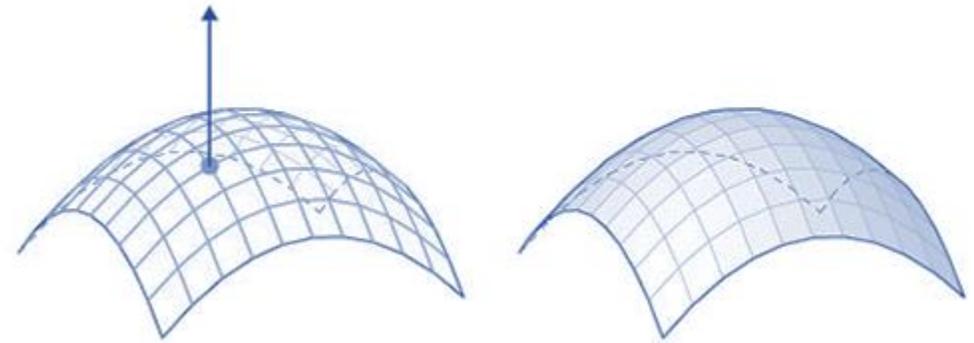
# Representaciones Digitales



**Estas técnicas pueden incluir la subdivisión de superficies, la generación de mallas poligonales y o redes irregulares.**



**Superficie NURB**



**Superficie MESH**

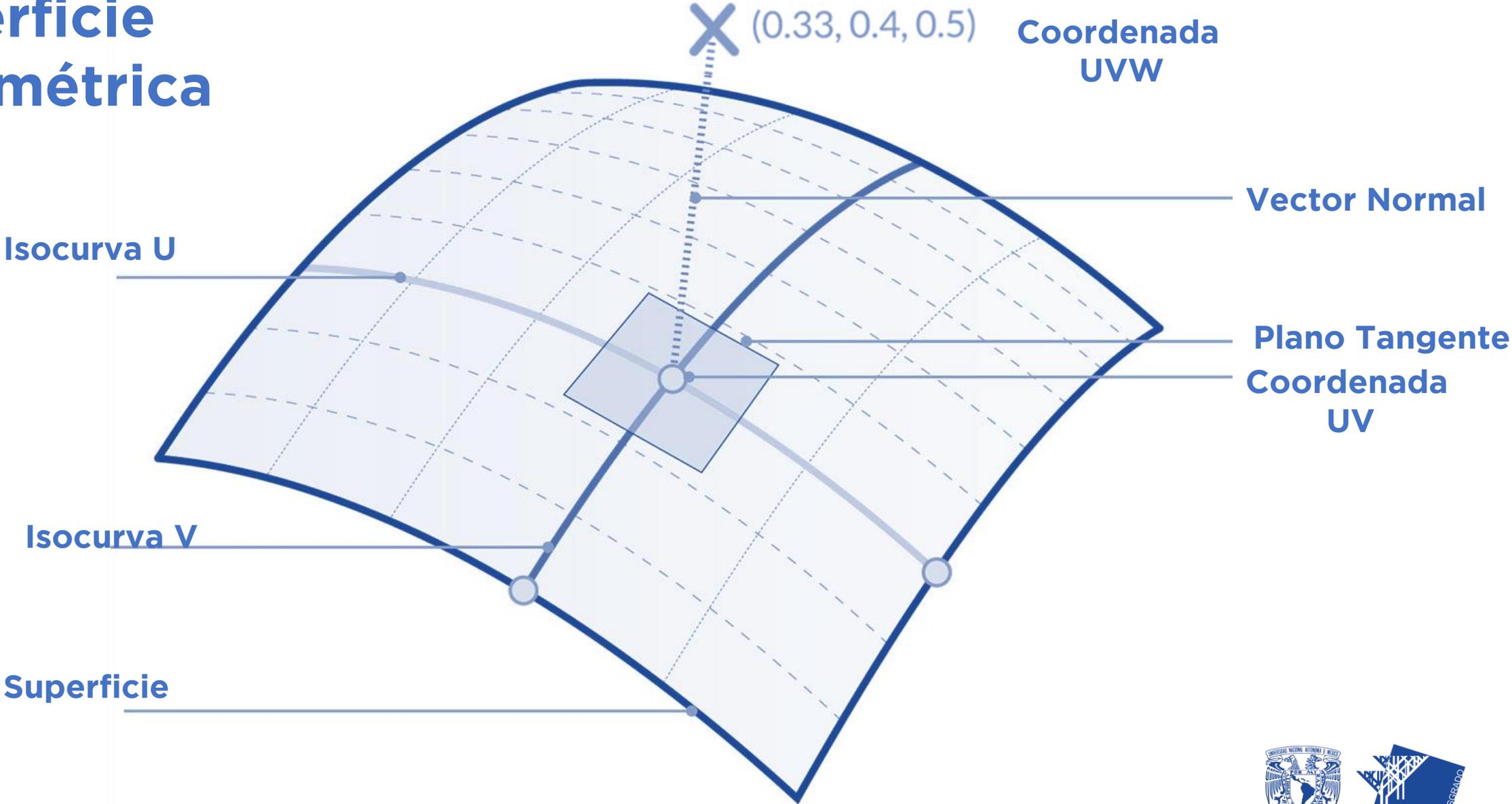
# Superficies Paramétricas (N.U.R.B.S)

Estas curvas y superficies se caracterizan por su suavidad y continuidad, lo que las hace ideales para representar objetos con formas orgánicas y curvas suaves.

En el contexto de la panalización, las NURBS pueden subdividirse en segmentos más pequeños, como parches, que permiten una manipulación más precisa



# Superficie Paramétrica

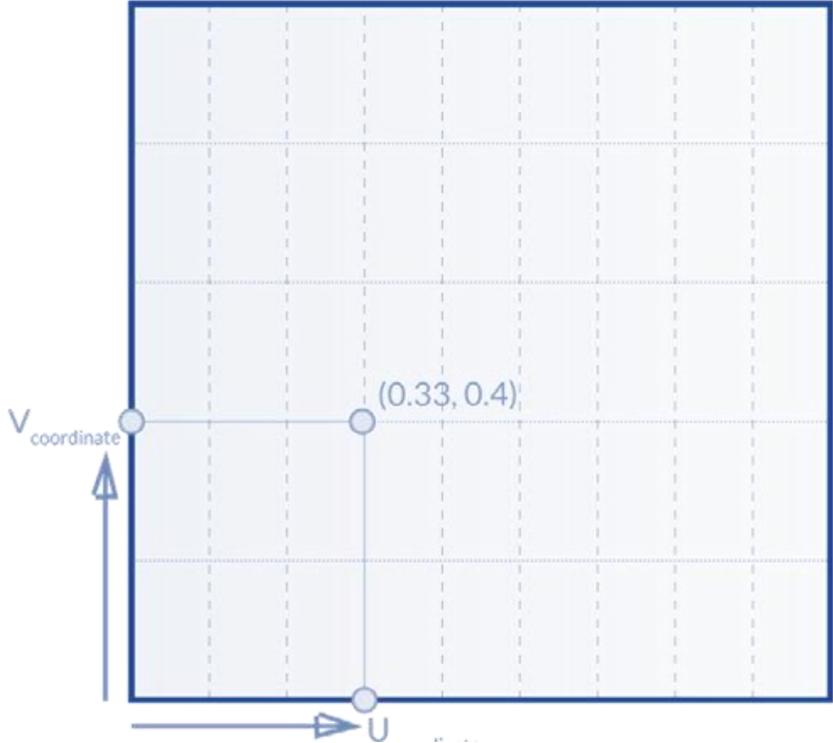


**La forma de una superficie NURBS se define mediante un número de puntos de control y el grado de esa superficie en las direcciones U y V.**

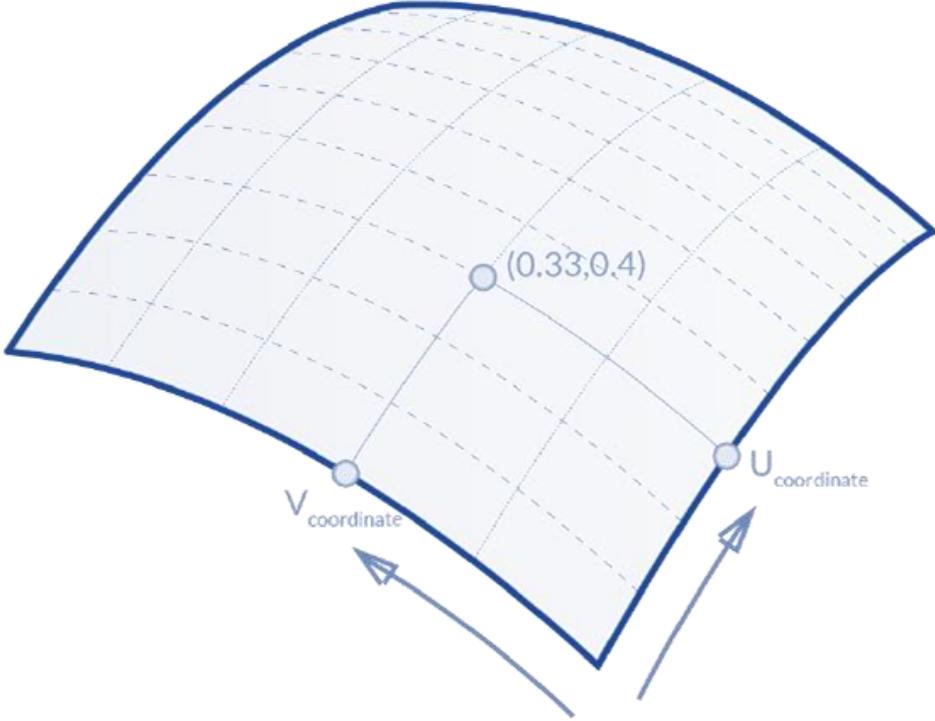
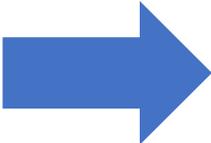
**Se utilizan los mismos algoritmos para calcular la forma, las normales, las tangentes, las curvaturas y otras propiedades mediante puntos de control, grosores y grados.**



# Dominios Paramétricos

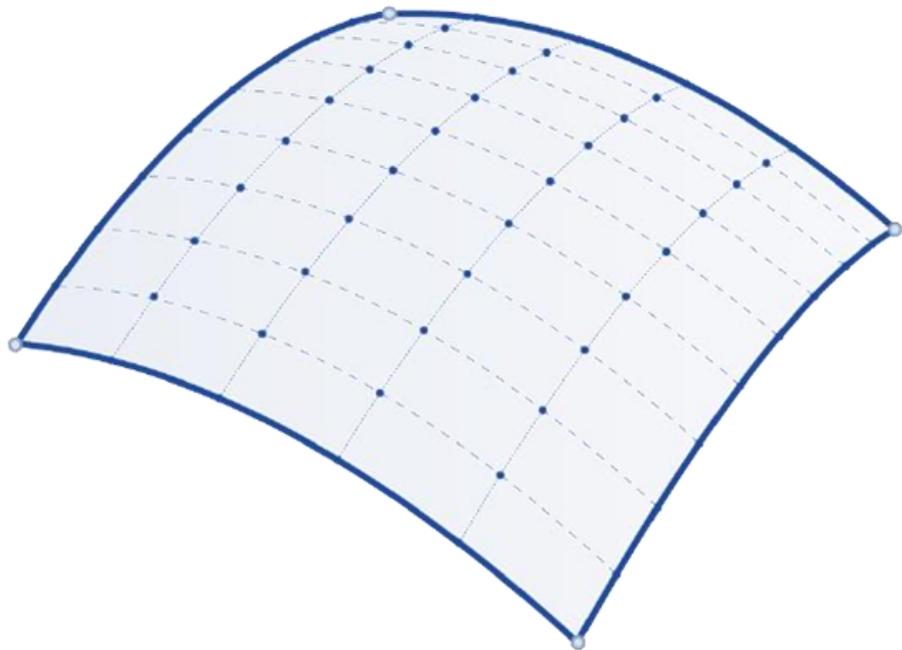


**Dominio en  $\mathbb{R}^2$**

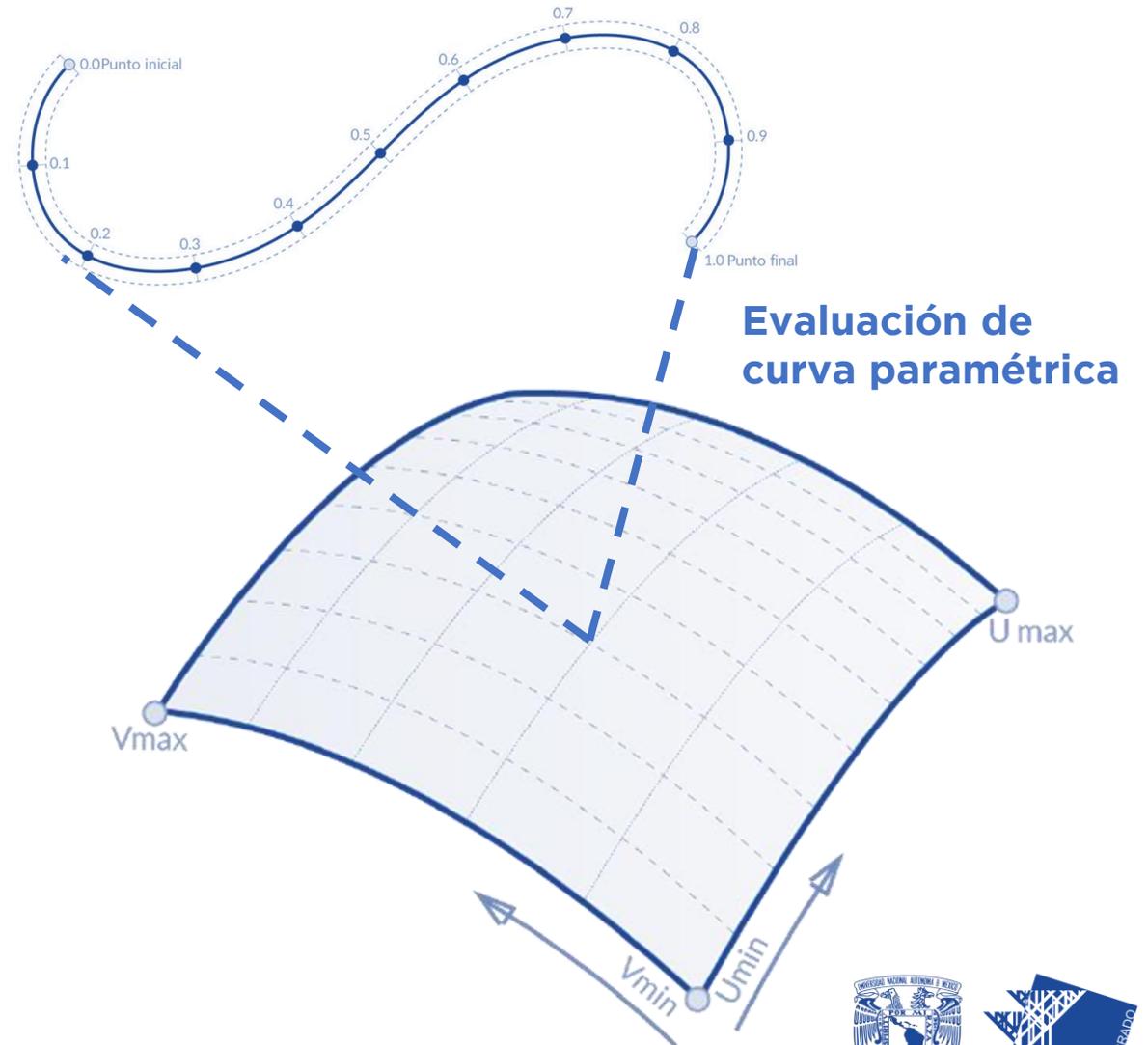


**Dominio en  $\mathbb{R}^3$**

# Rejilla paramétrica



Puntos de edición de curva NURB



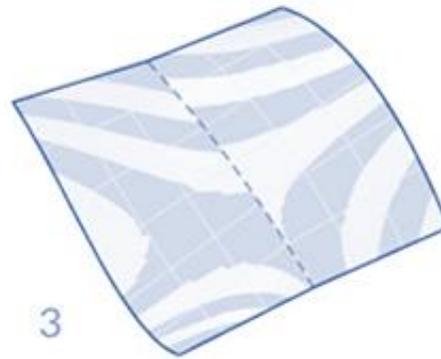
# Grado de Superficie



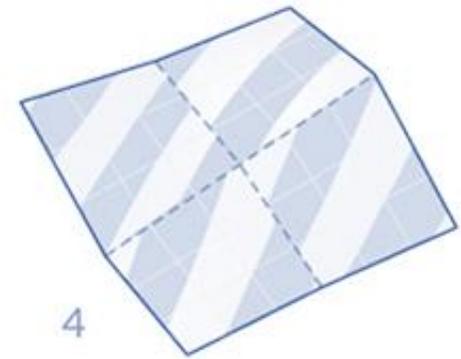
Grado (U,V) = (3,3)



Grado (U,V) = (3,1)

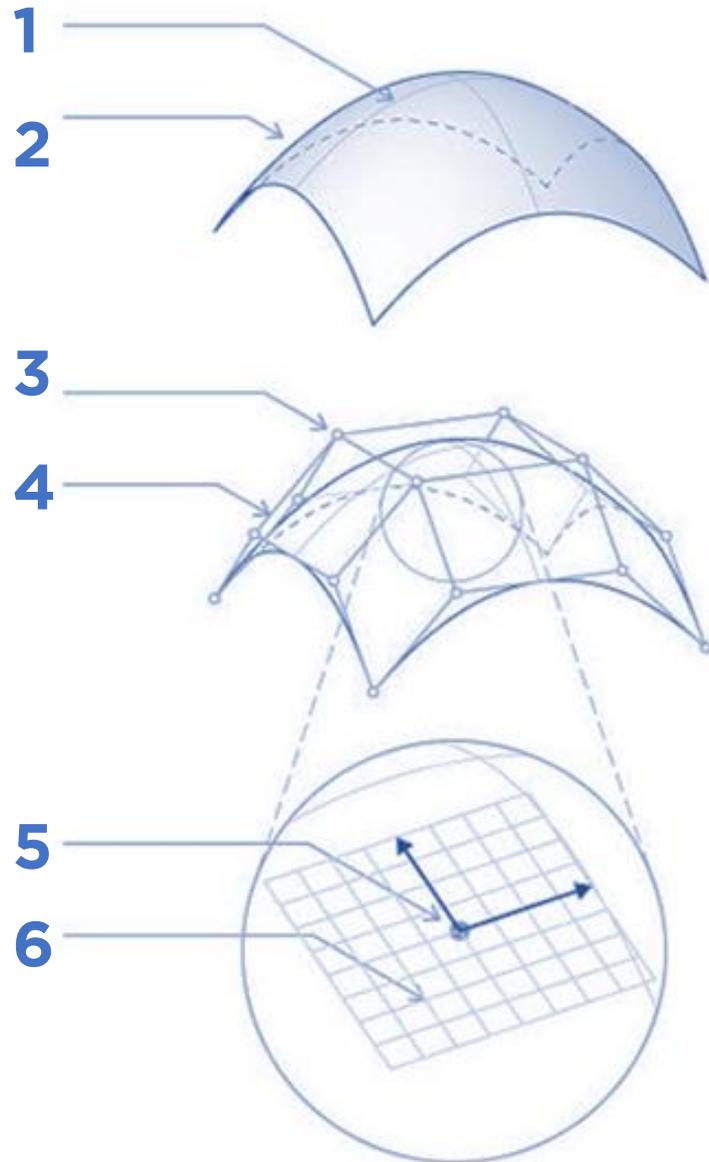


Grado (U,V) = (1,2)



Grado (U,V) = (1,1)

# Superficie NURB



**1.Superficie**

**2.Isocurva (línea isoparamétrica)**

**3.Punto de control de superficie**

**4.Polígono de control de superficie**

**5.Punto isométrico de Dominio**

**6.Rejilla Paramétrica de Dominio**

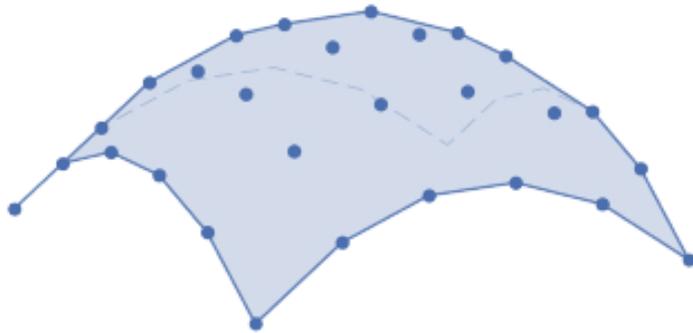
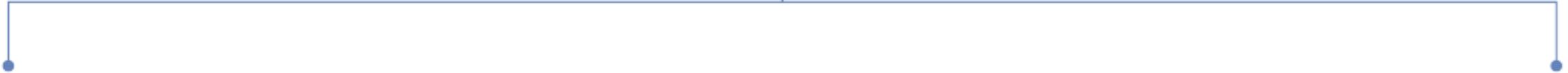
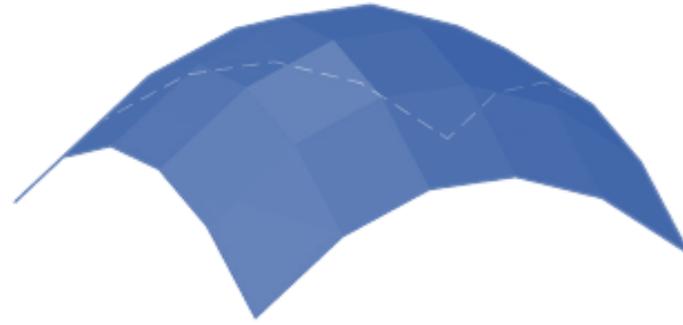
# Mallas (Mesh)

**Es una representación discreta de superficies que se componen de vértices, aristas y caras. Son versátiles y adecuadas para representar superficies complejas y detalladas, pero no necesariamente suaves.**

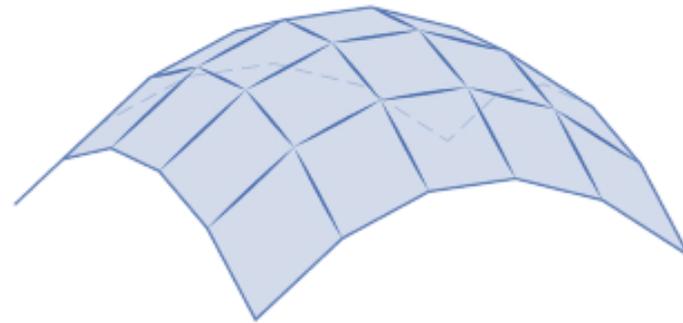
**Pueden subdividirse en elementos, como triángulos o cuadriláteros (valencia), para lograr una representación más detallada y precisa.**



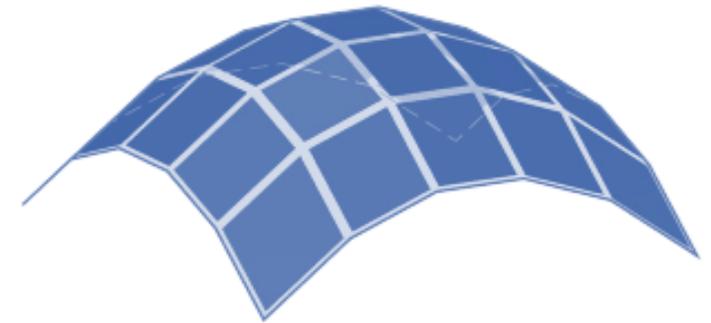
# Malla



1 **Puntos**



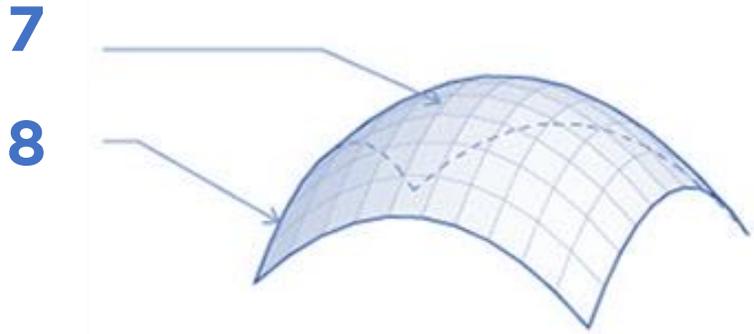
2 **Bordes  
(Edge)**



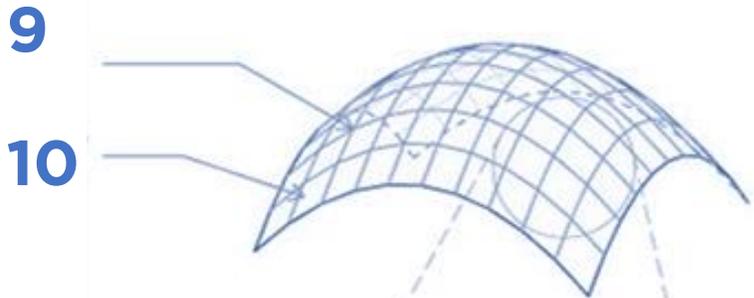
3 **caras**



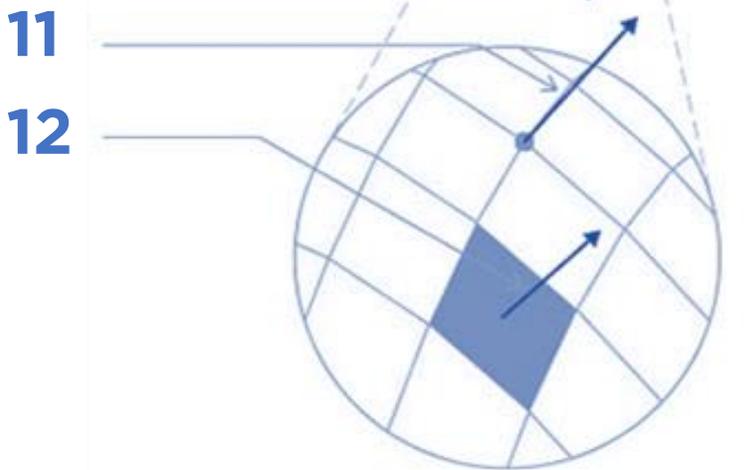
# Superficie MESH



**7. Malla**  
**8. Arista de borde**



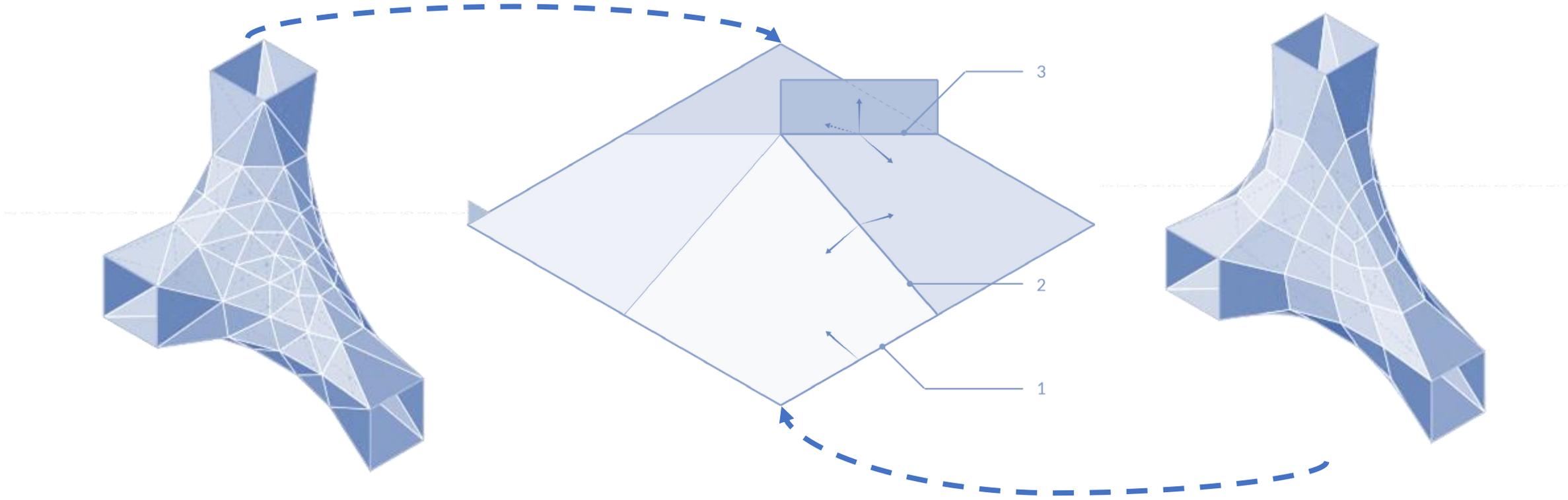
**9. Red/Grid de Malla**  
**10. Aristas de Malla**



**11. Normal de vértice**  
**12. Normal de cara de malla**

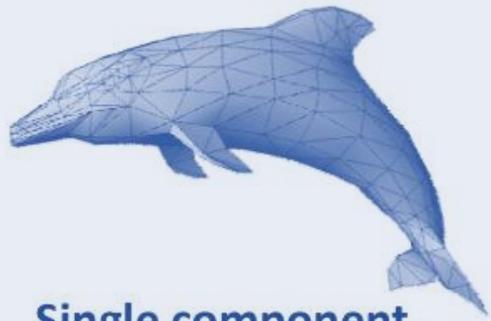
# Valencias

- 1. Borde desnudo con Valencia de 1
- 2. Borde interior con Valencia de 2
- 3. Non-manifold edge con Valencia de 3

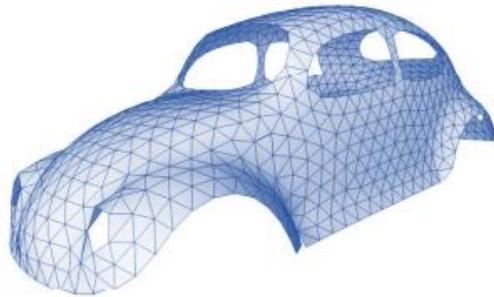


Grado de vértices = Valencias

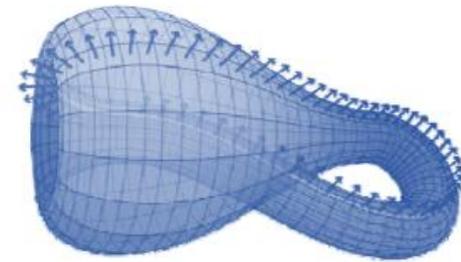




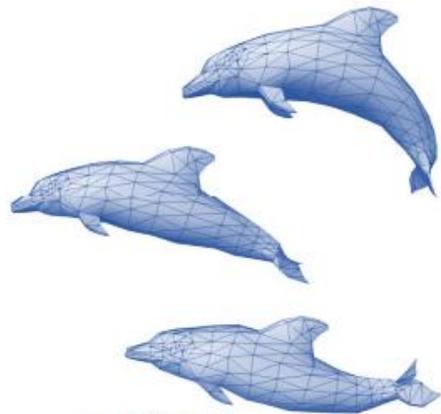
Single component,  
closed, triangular,  
orientable manifold



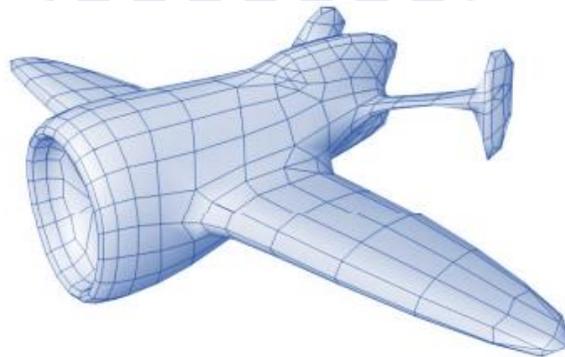
With boundaries



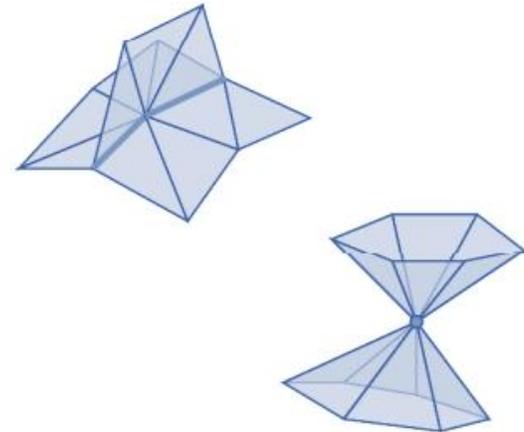
Not orientable



Multiple components

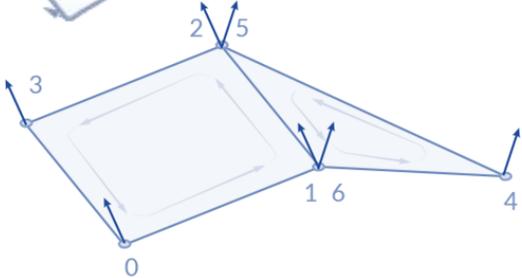
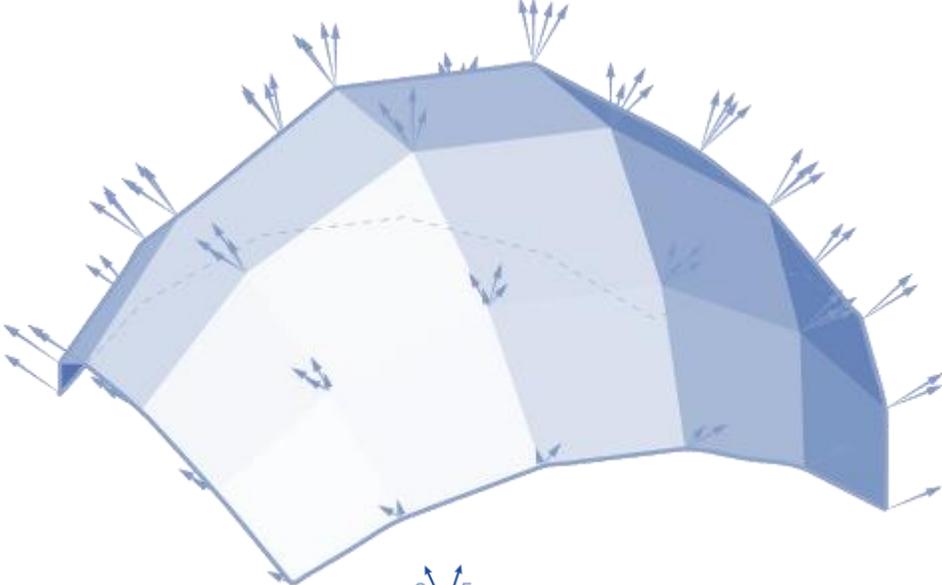


Not only triangles



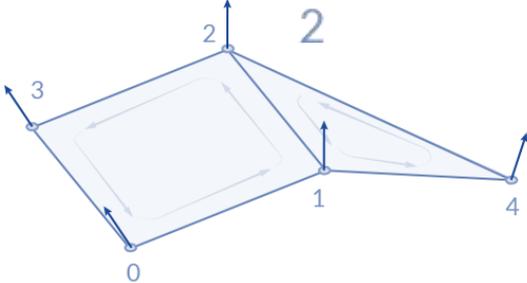
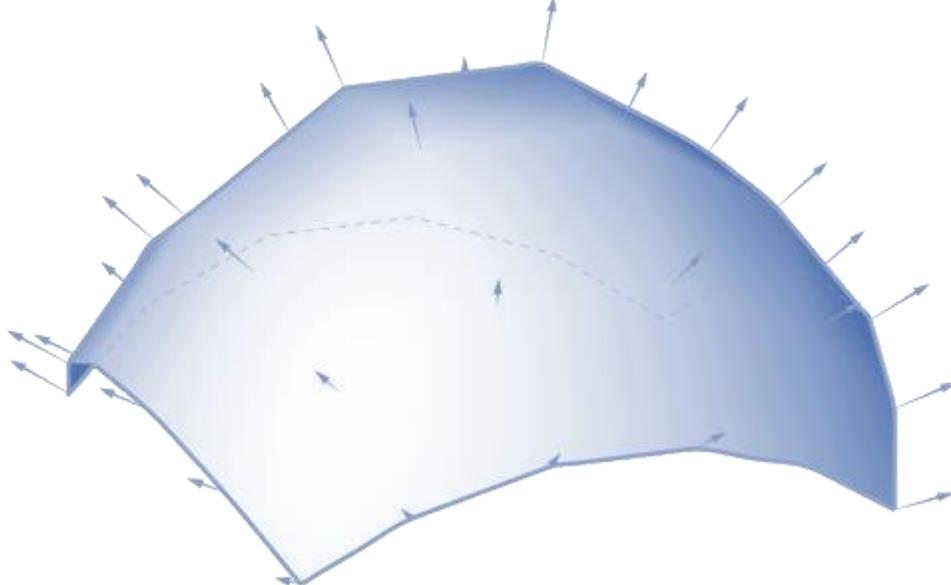
Non manifold

# Welding



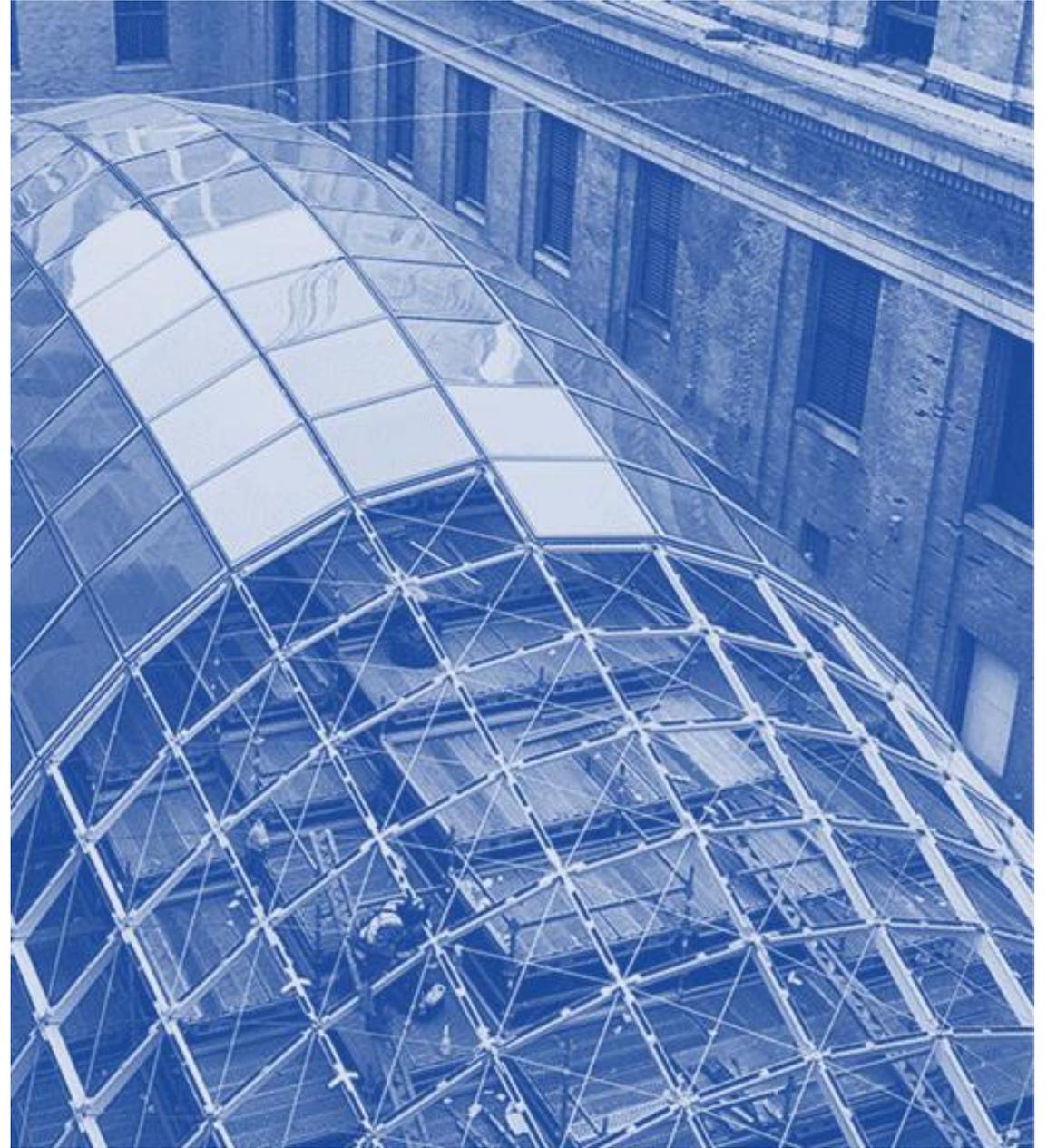
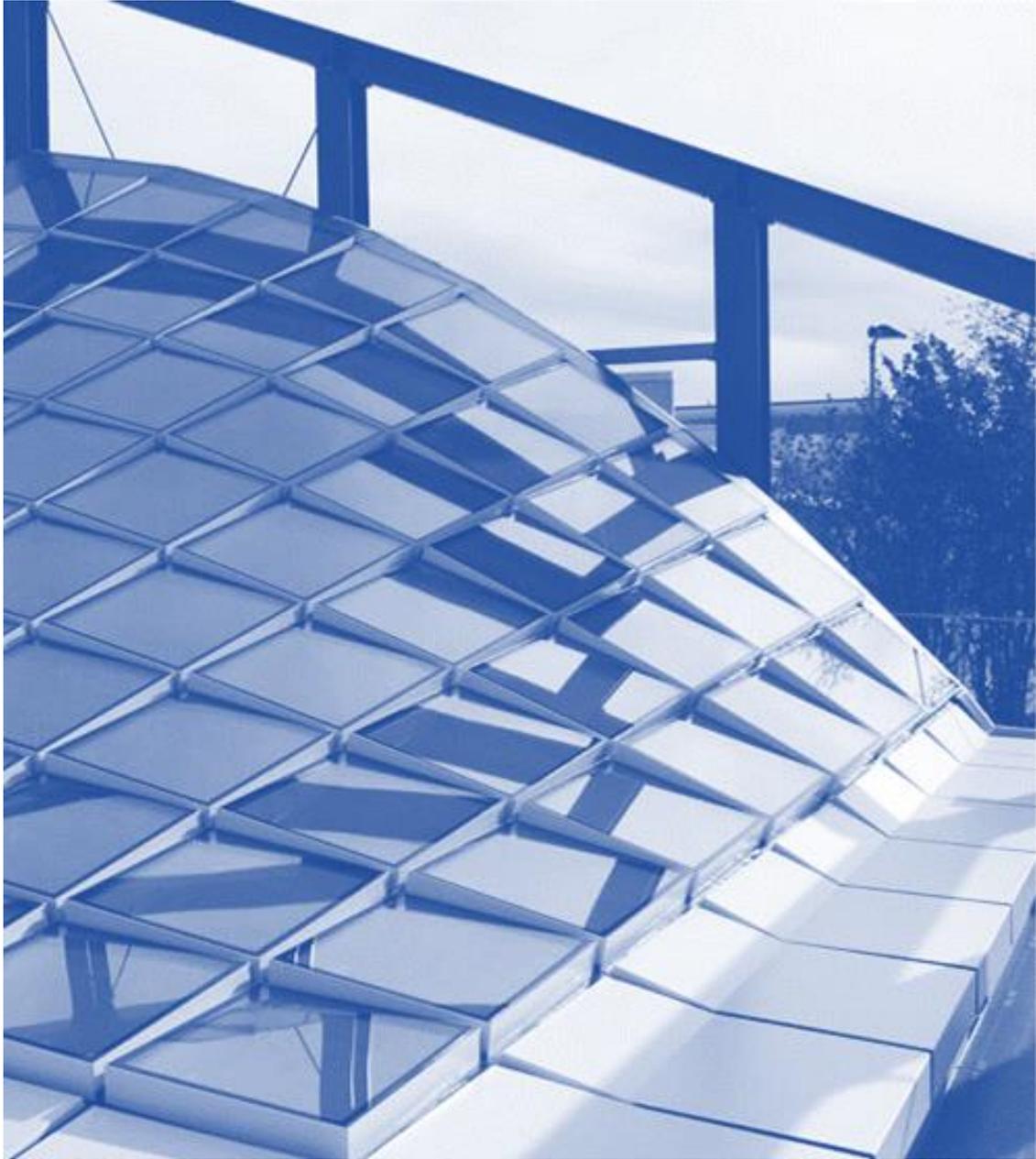
2

Vertex List	Face List
0 = {0.0, 0.0, 0.0}	Q {0, 1, 2, 3}
1 = {1.0, 0.0, 1.0}	T {4, 5, 6}
2 = {1.0, 1.0, 1.0}	
3 = {0.0, 1.0, 0.0}	
4 = {2.0, 0.0, -1.0}	
5 = {1.0, 1.0, 1.0}	
6 = {1.0, 0.0, 1.0}	

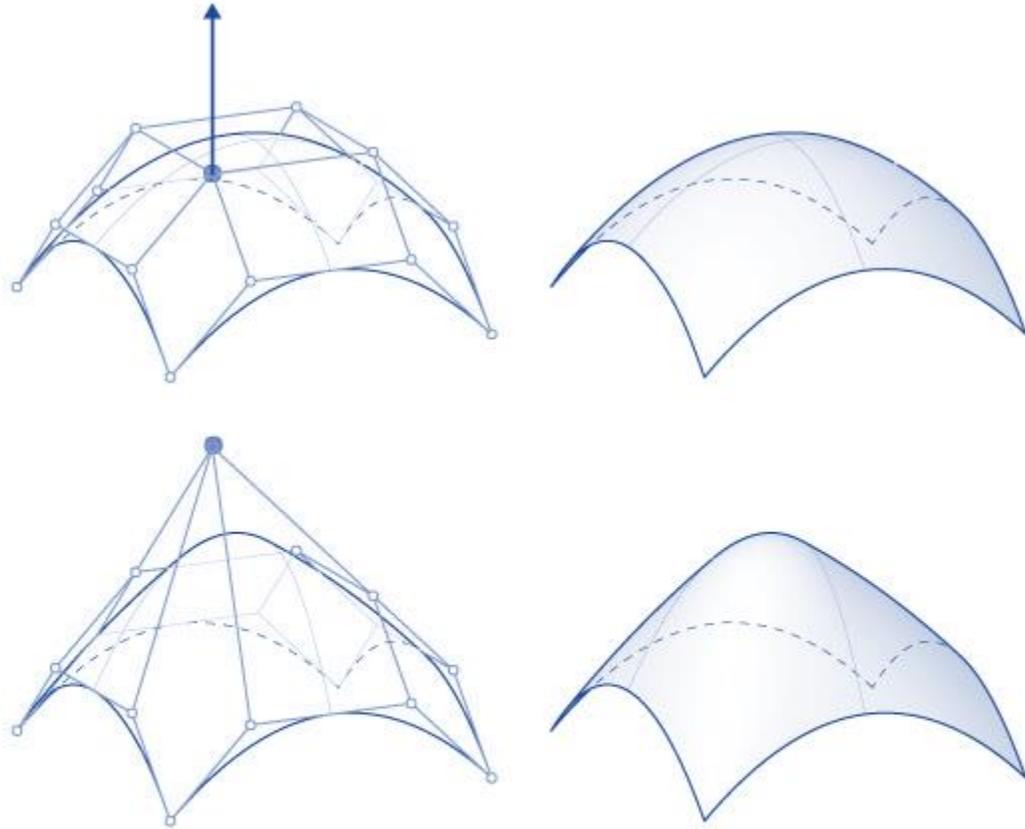


1

Vertex List	Face List
0 = {0.0, 0.0, 0.0}	Q {0, 1, 2, 3}
1 = {1.0, 0.0, 1.0}	T {1, 4, 2}
2 = {1.0, 1.0, 1.0}	
3 = {0.0, 1.0, 0.0}	
4 = {2.0, 0.0, -1.0}	

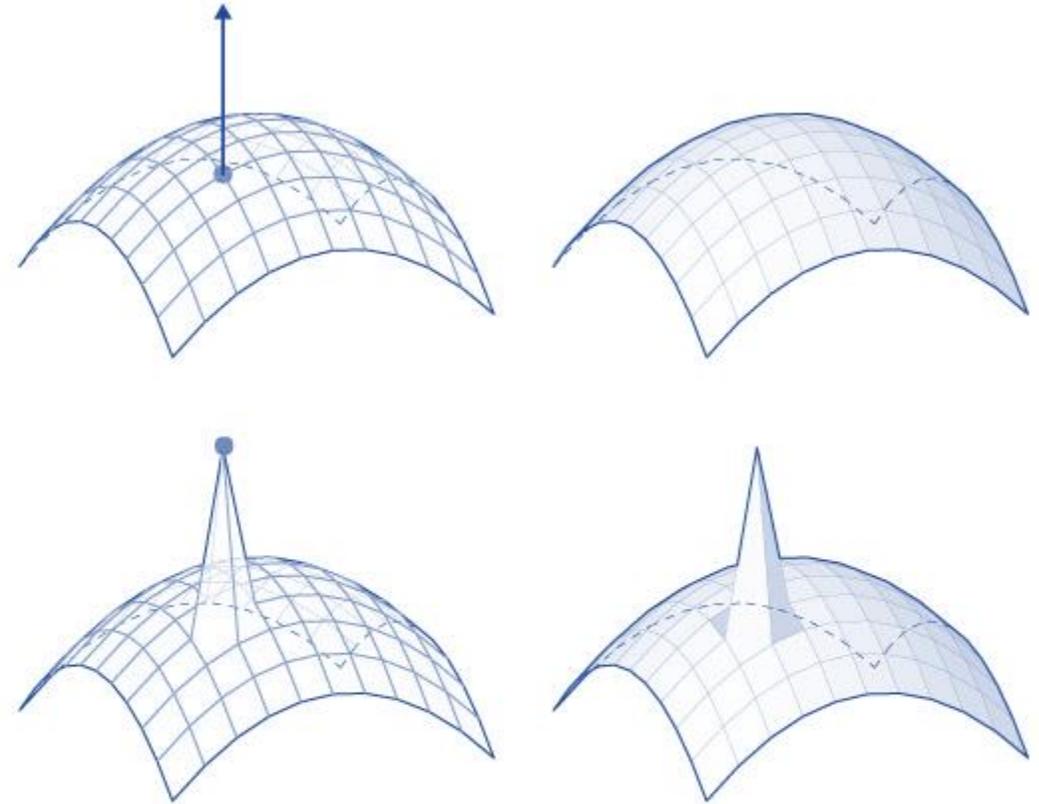


# Superficie NURB



**El desplazamiento del punto de control influye a lo largo de la geometría.**

# Superficie MESH

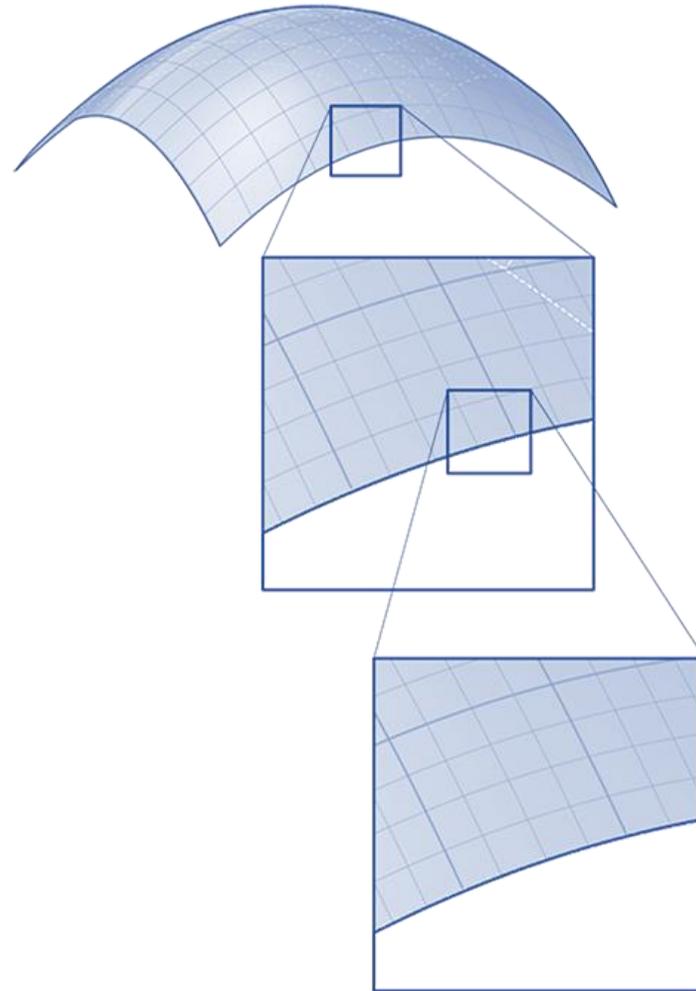


**El desplazamiento de un vértice solo influye en los elementos adyacentes.**

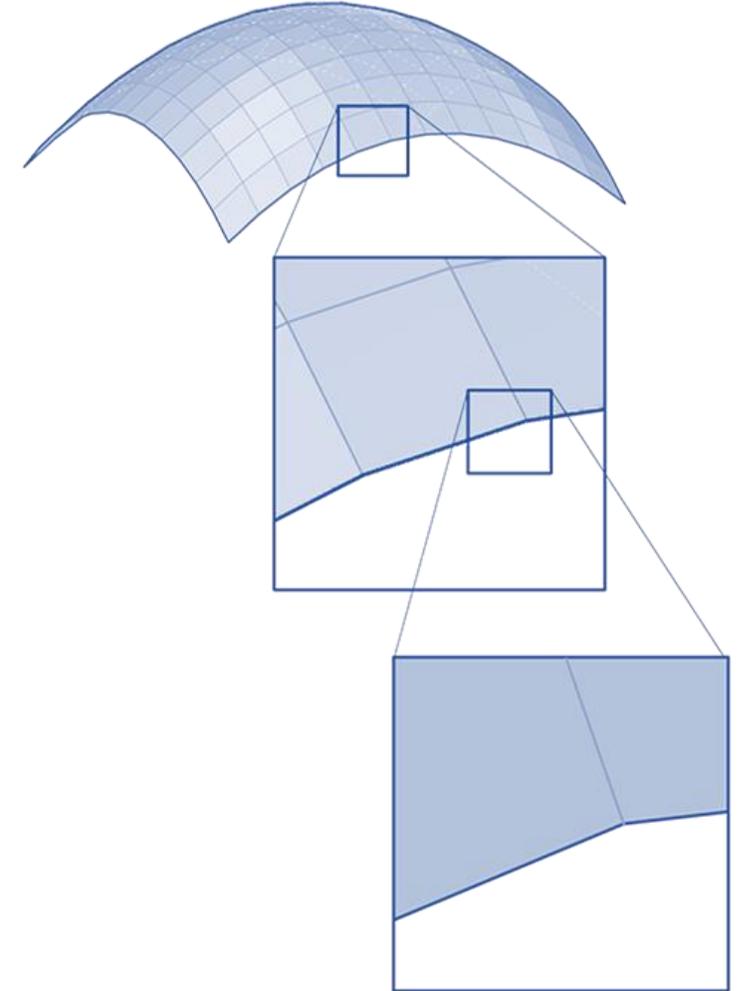
## NURB

Las superficies NURBS se almacenan como ecuaciones matemáticas, la visualización real de estas superficies requiere mallas.

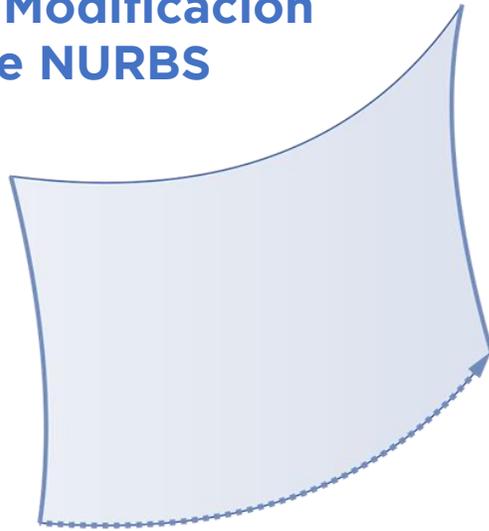
No es posible para una computadora mostrar una ecuación continua.



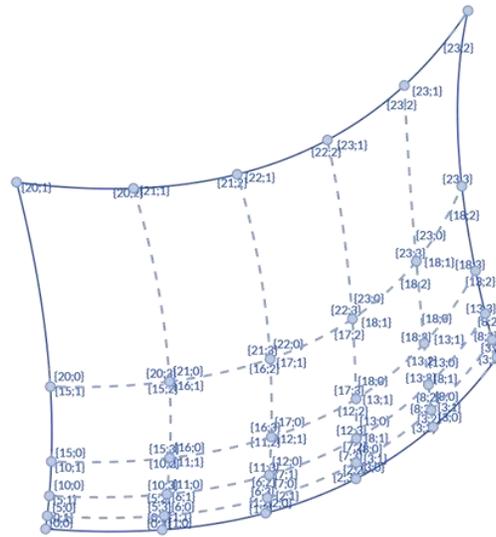
## MESH



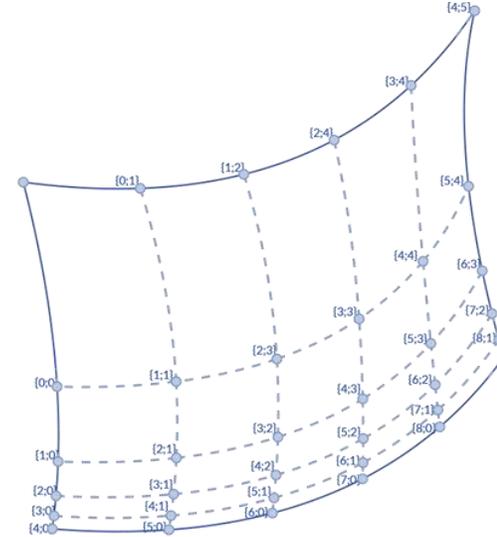
# Secuencia de Modificación de Dominio de NURBS



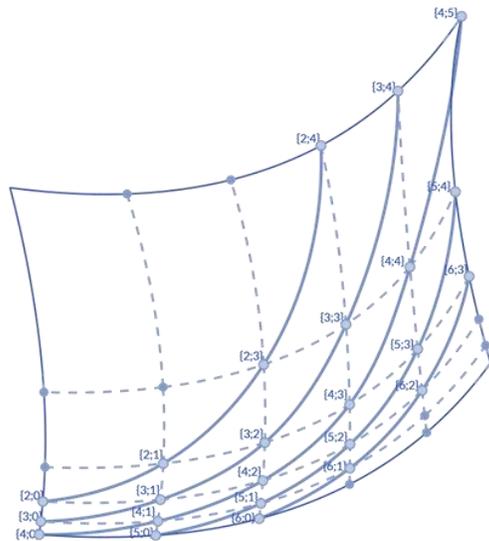
1.



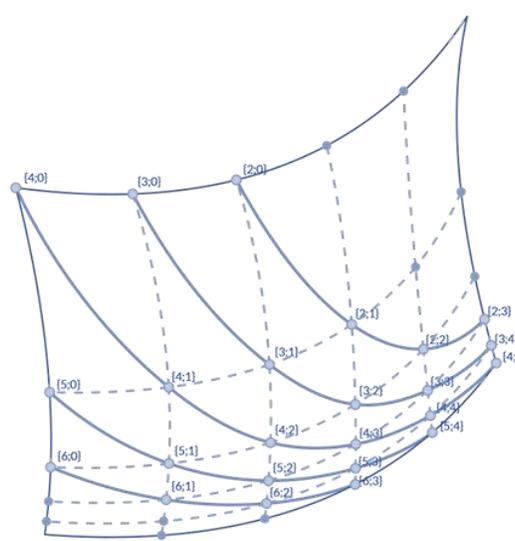
2.



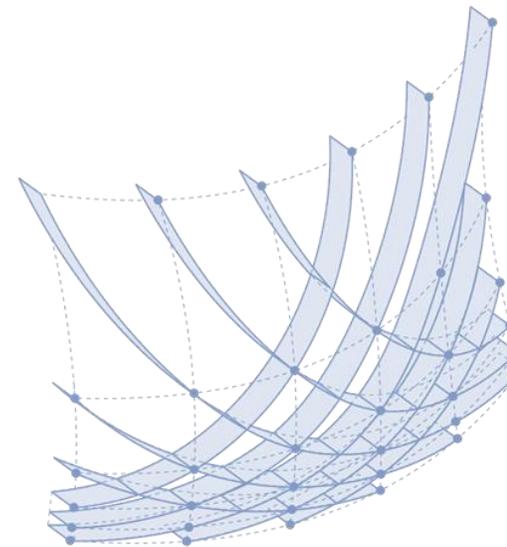
3.



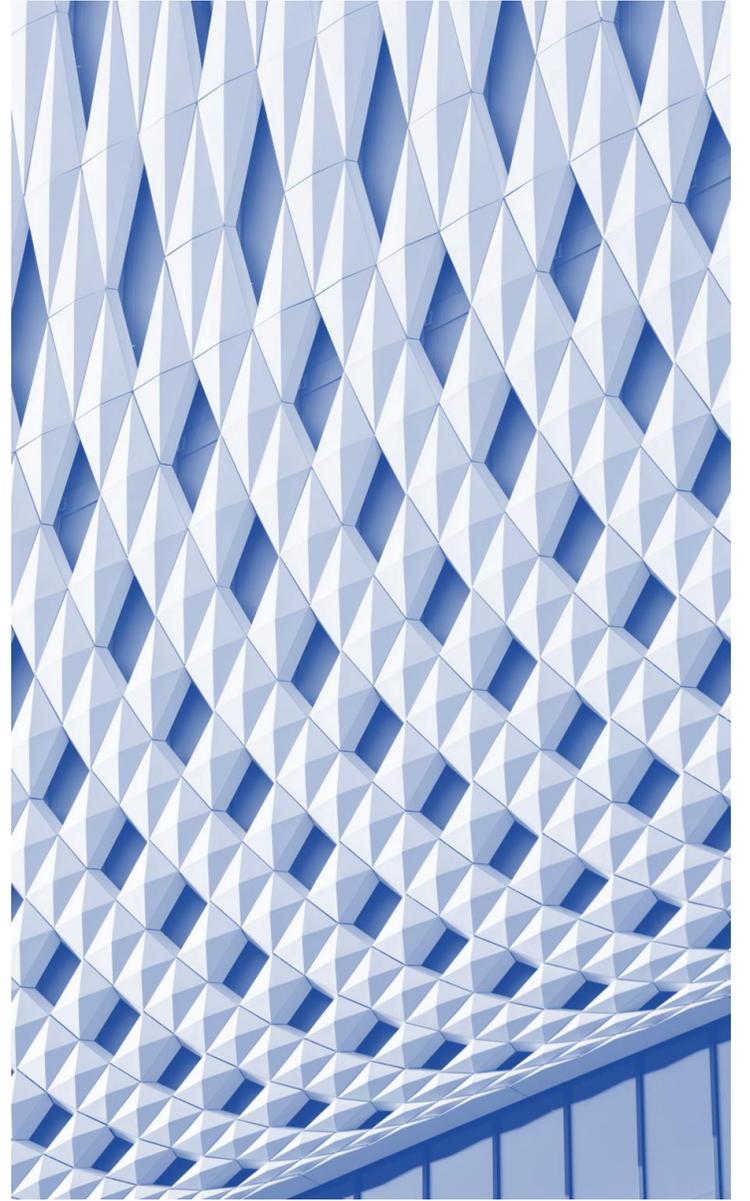
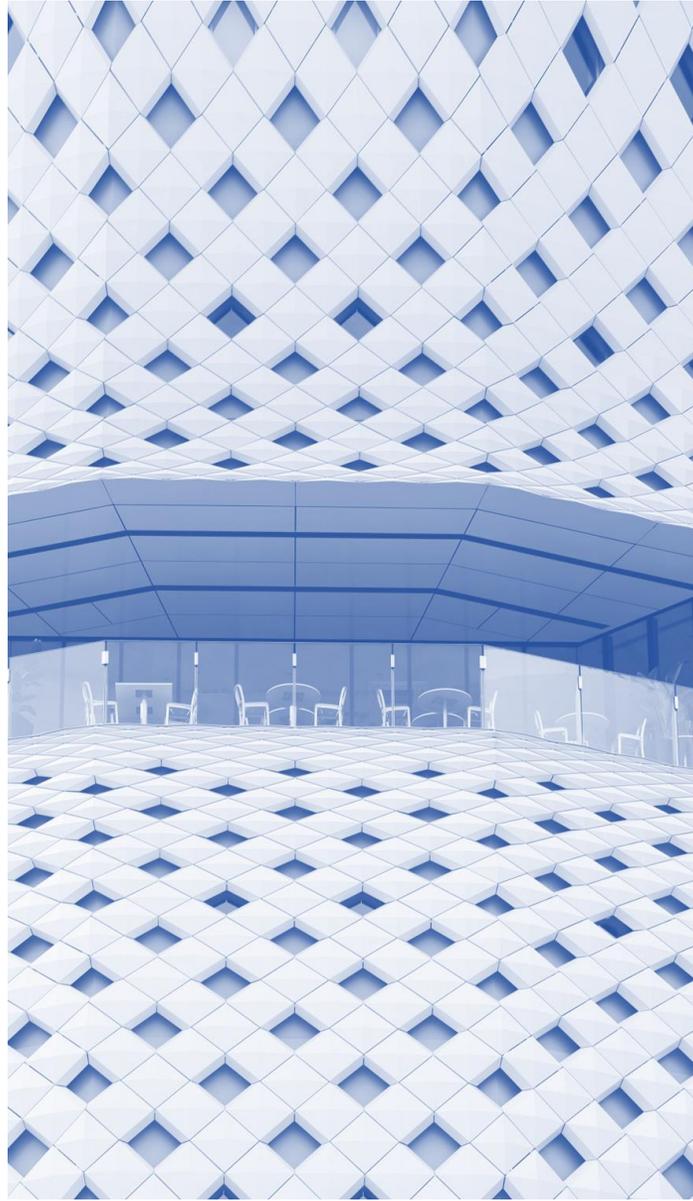
4.



5.



6.





# Morph

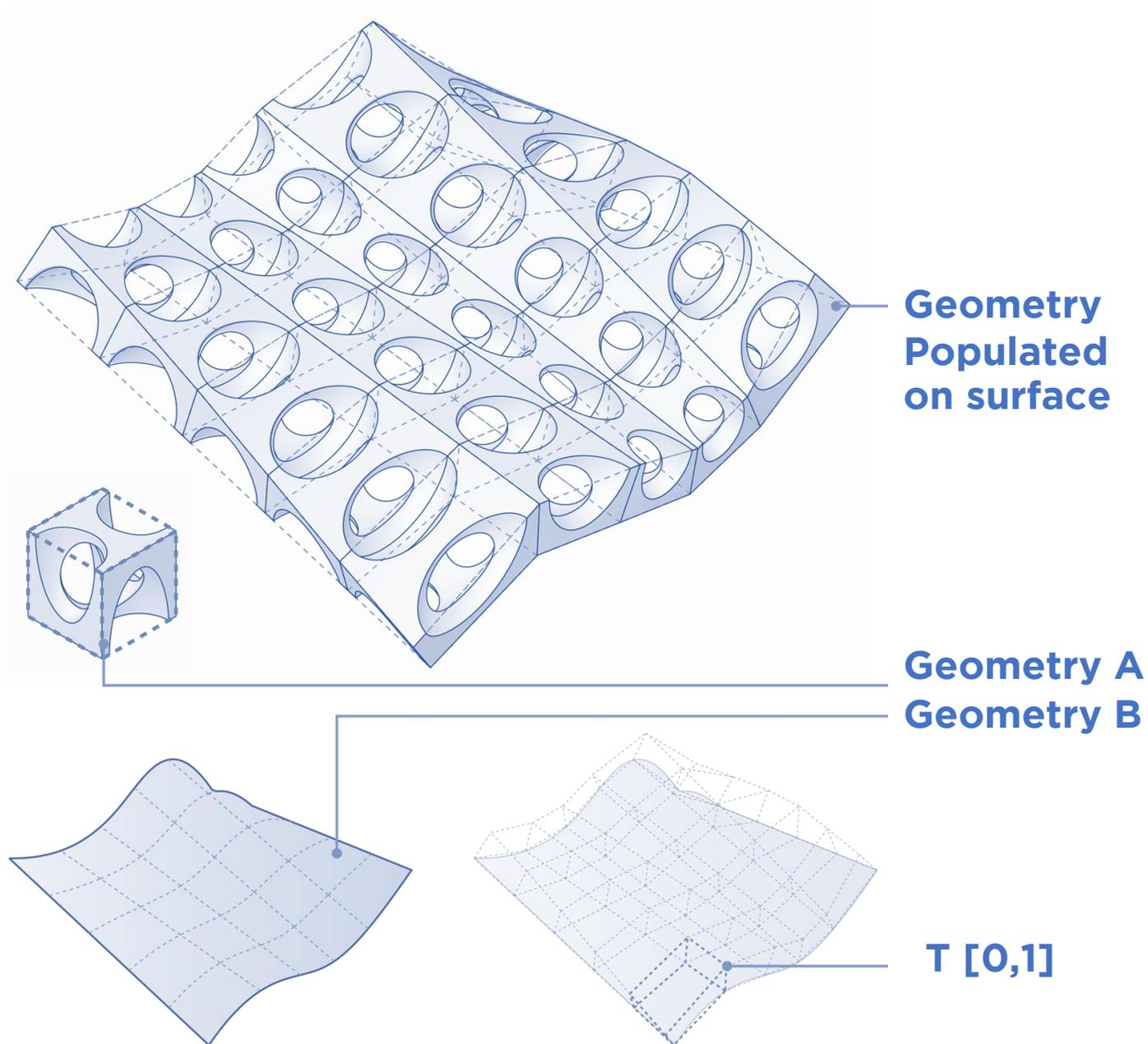
Interpolación Lineal Simple.

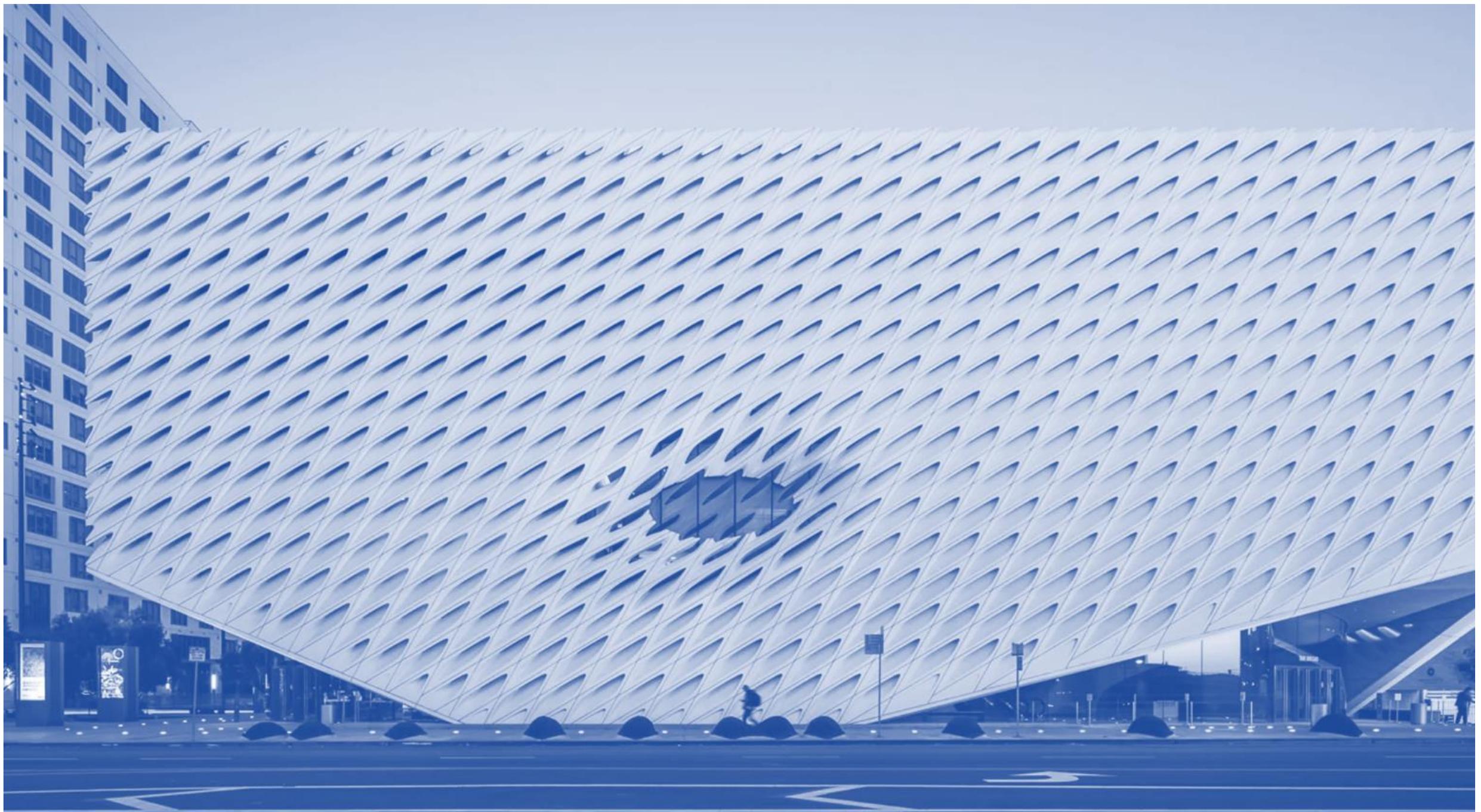
## Expresión:

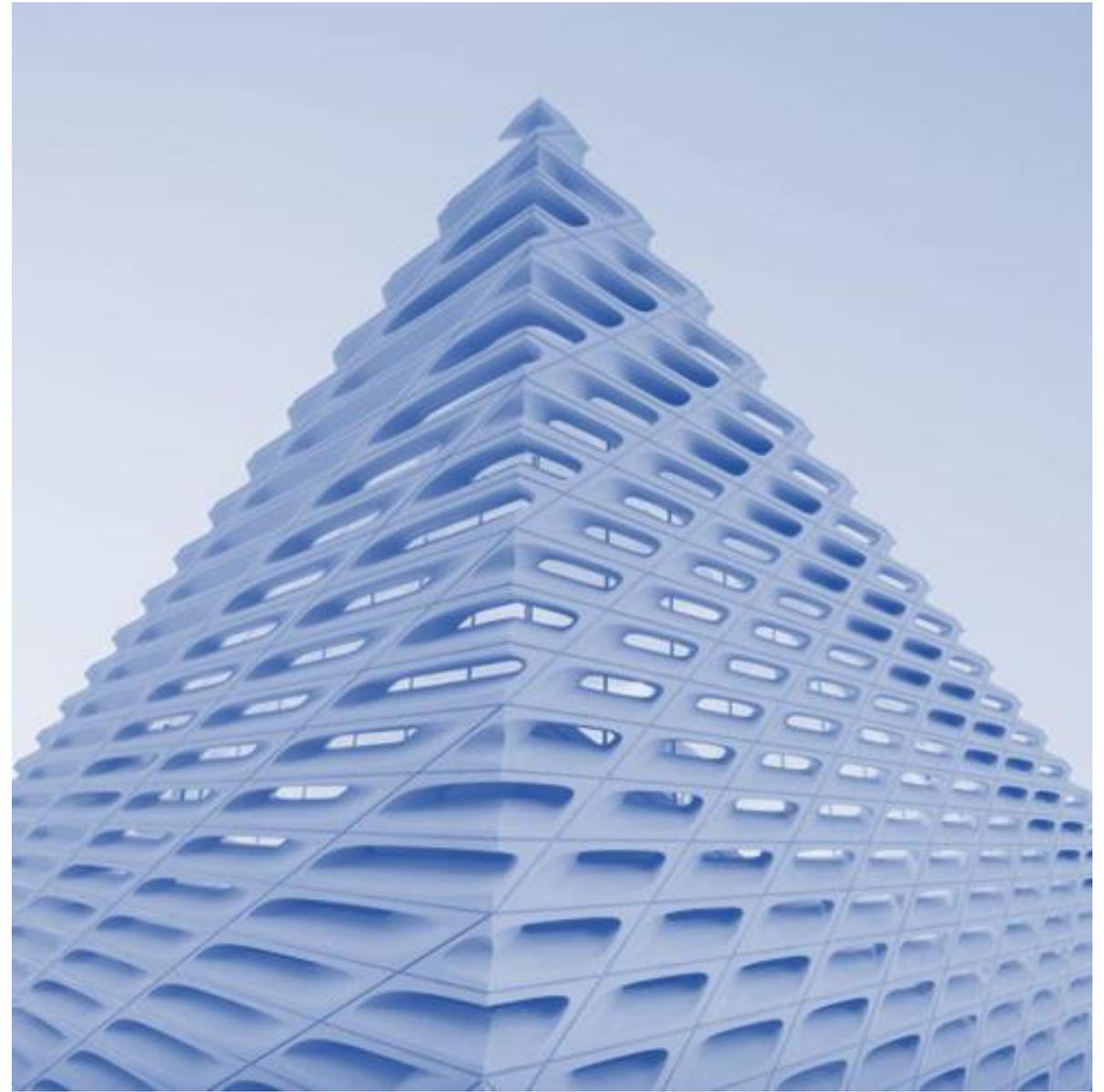
$$(1 - T) * \text{Geometry A} + T * \text{Geometry B}$$

Cuando "T" está en el rango entre 0 y 1, hay combinación lineal de Geometry A y Geometry B, con Geometry A pesando  $(1 - T)$  y Geometry B pesando T.

Esto produce una transición suave y continua entre las dos geometrías a medida que "T" varía en ese rango







# Optimización en la Panalización



## **Facilidad Constructiva:**

**Los métodos de optimización pueden considerar la facilidad de construcción al ajustar la orientación y la ubicación de los paneles. Se pueden minimizar las transiciones bruscas y los ángulos complicados que dificultarían la construcción física del objeto.**



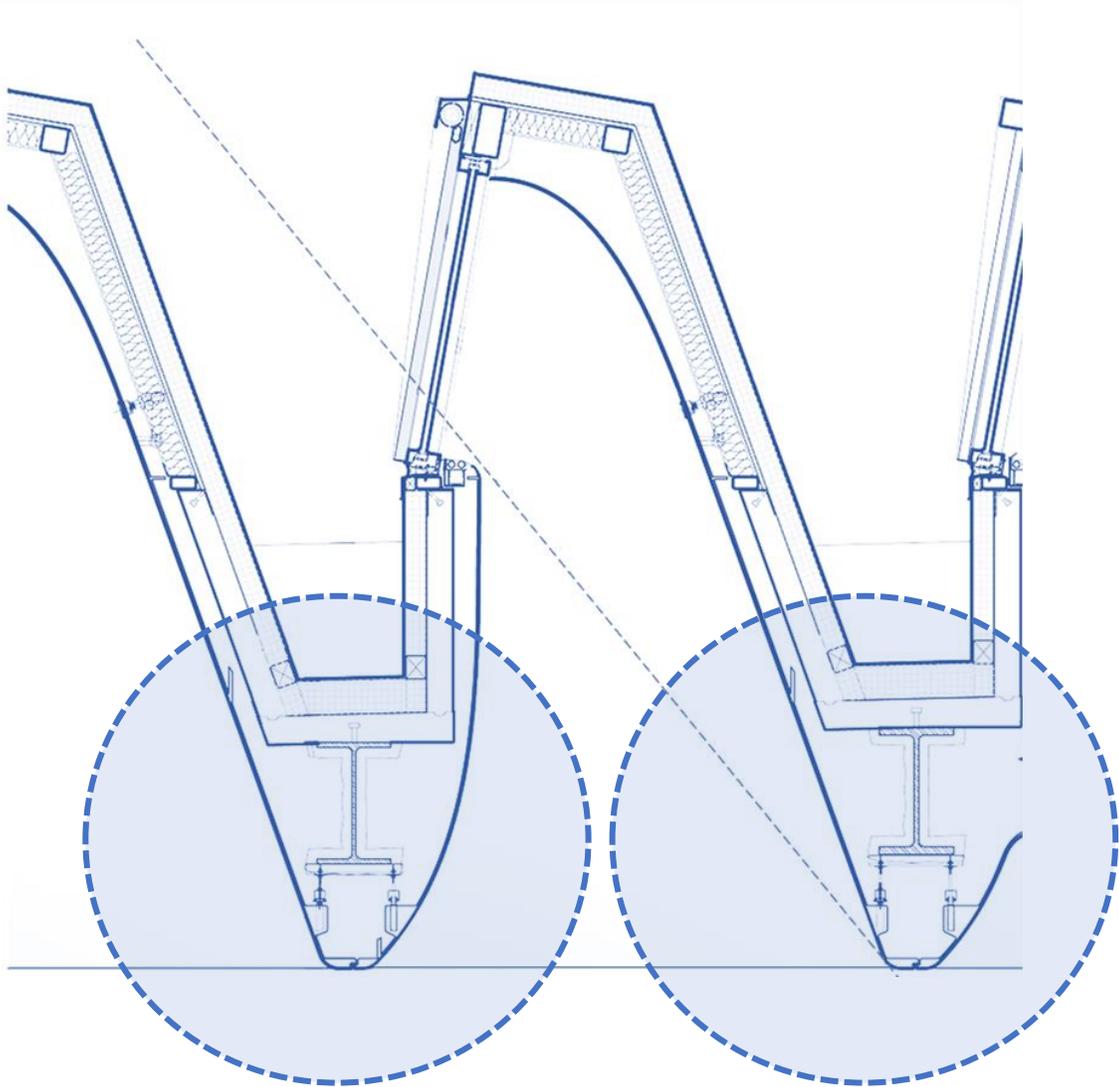


**Es la distribución eficiente de material en una estructura para maximizar su rendimiento y minimizar el uso de material innecesario.**

# Conectividad y Unión de Paneles

**La optimización de la panalización también se puede centrar en la forma en que los paneles se conectan y unen. Se pueden optimizar las uniones y conexiones para simplificar la construcción y reducir la complejidad.**





**Detalle de Conexión**

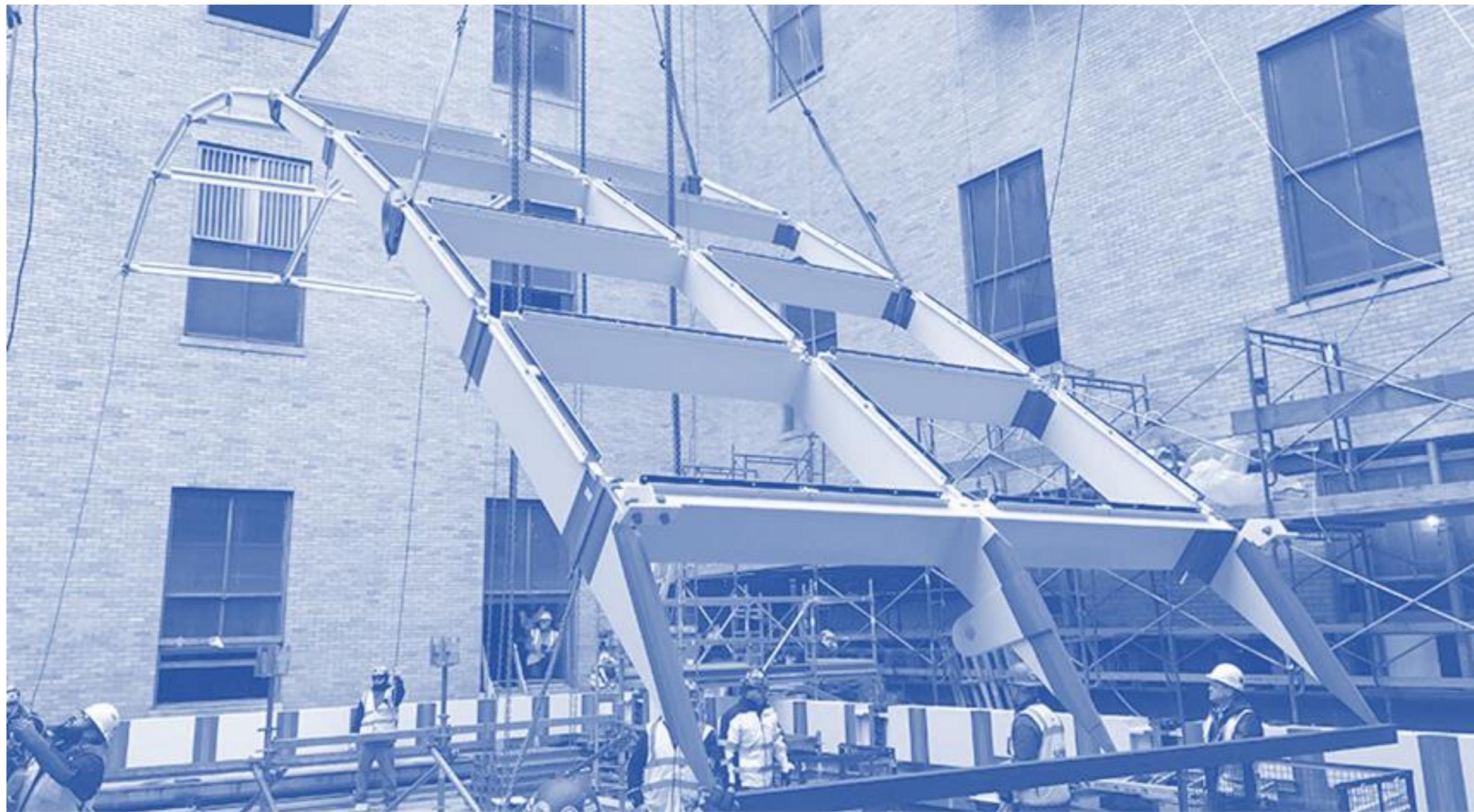


**Montaje**

# Rendimiento de Fabricación

**La optimización también puede implicar la minimización del desperdicio de material durante el proceso de construcción.**

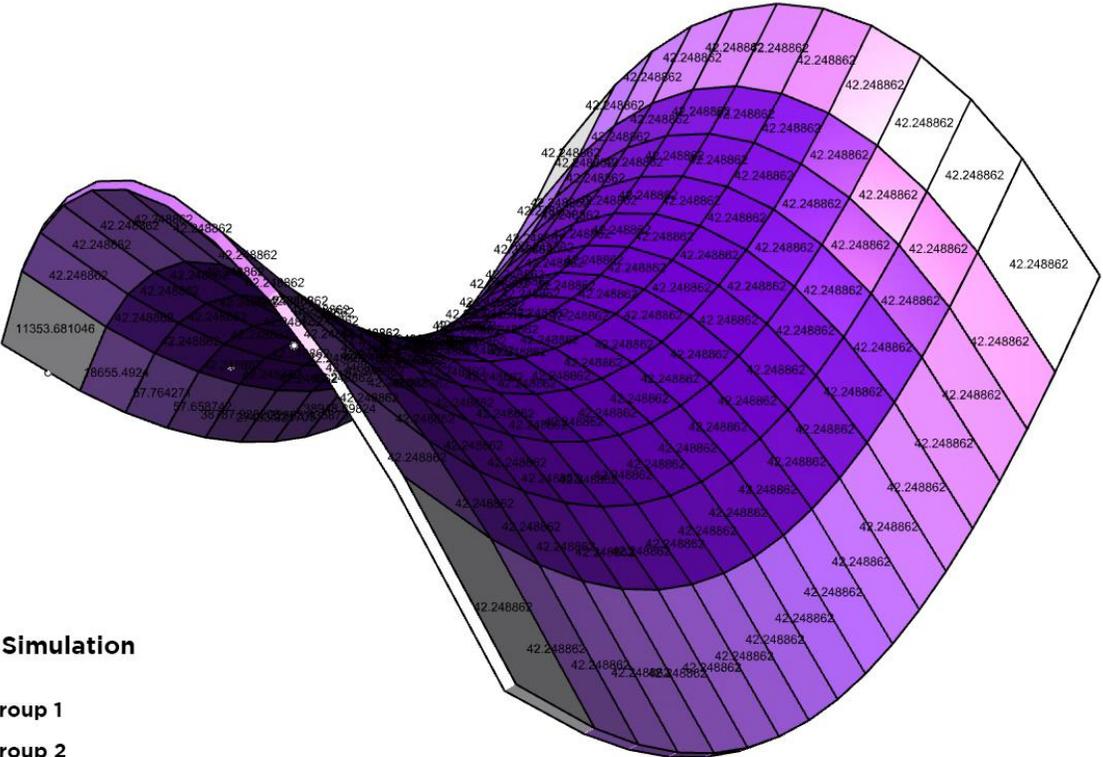
**Esto puede lograrse mediante técnicas de corte y ensamblaje eficientes.**



**Se utilizan algoritmos para determinar la ubicación y la cantidad de material en función de las cargas aplicadas y los objetivos de peso mínimo.**



# Rationalization on Double Curvature Surface



First Simulation

- Group 1
- Group 2
- Group 3
- Group 4
- Group 5
- Group 6
- Group 7
- Group 8

Last Simulation

- Group 1
- Group 2
- Group 3
- Group 4

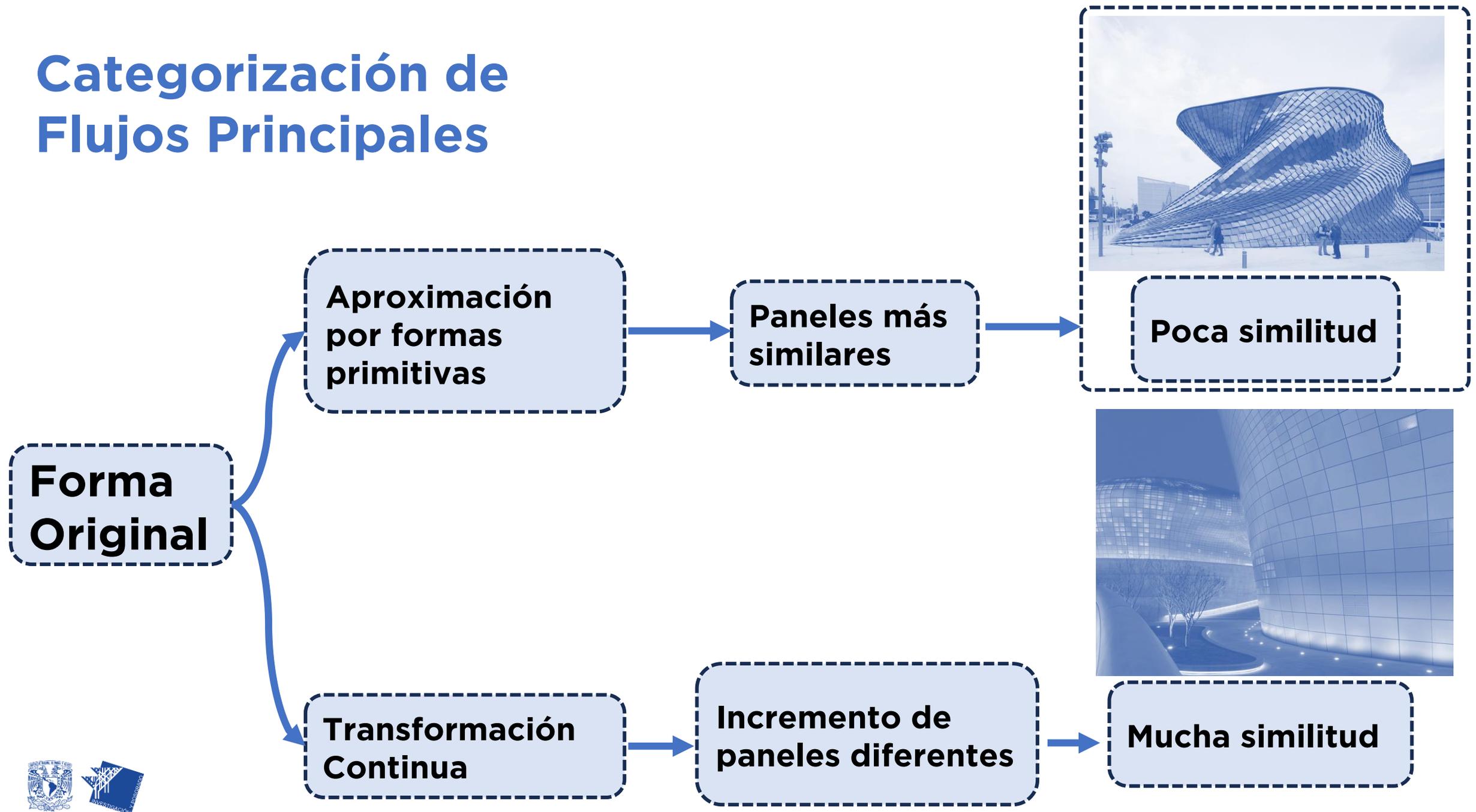


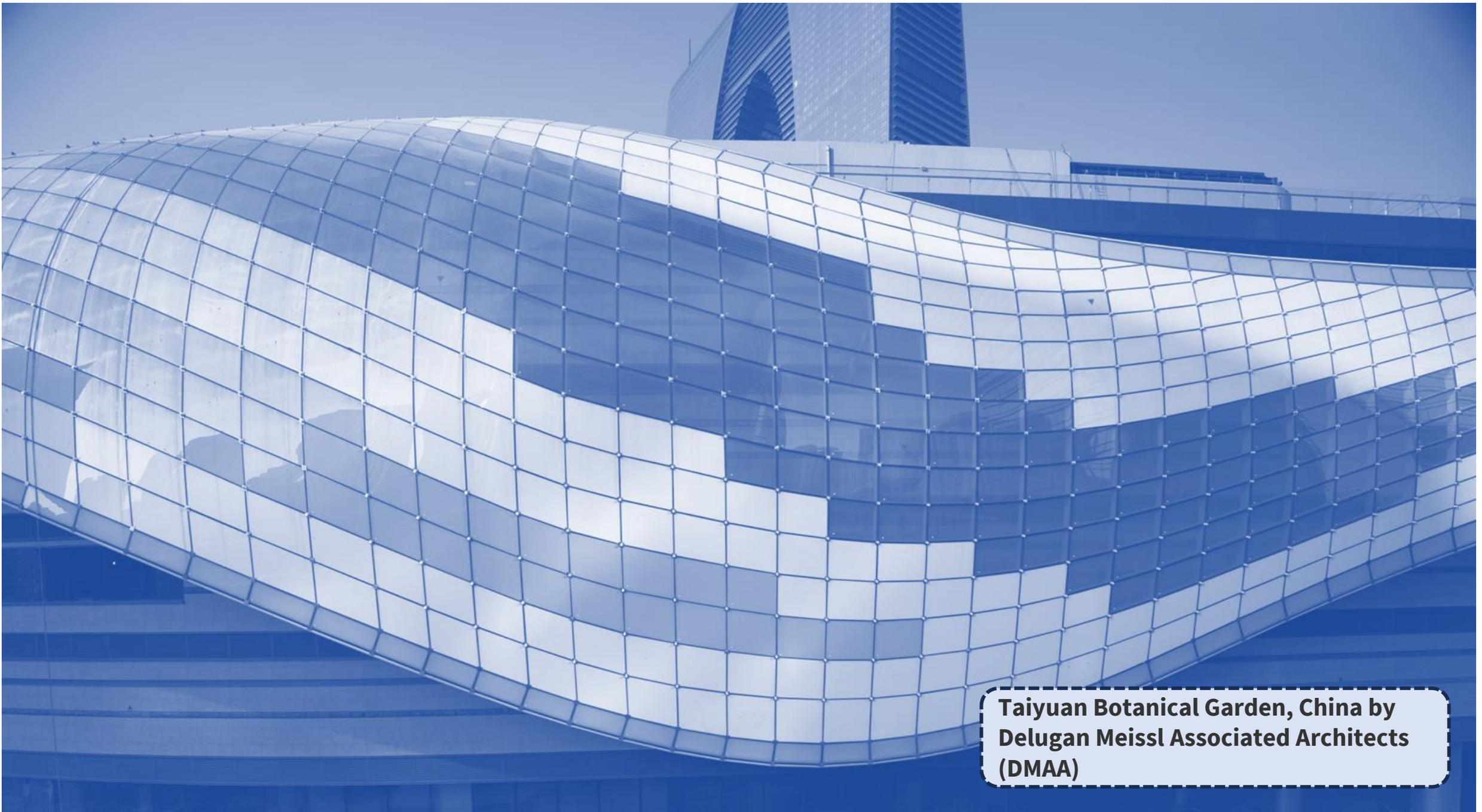
**No solo se trata de representar con precisión la forma y la geometría, sino también de considerar la cantidad de paneles, restricciones estructurales como resistencia y rigidez así como la factibilidad de construcción.**

**Son aspectos críticos en el proceso de diseño computacional que implica la eliminación de material innecesario y la redistribución eficiente.**

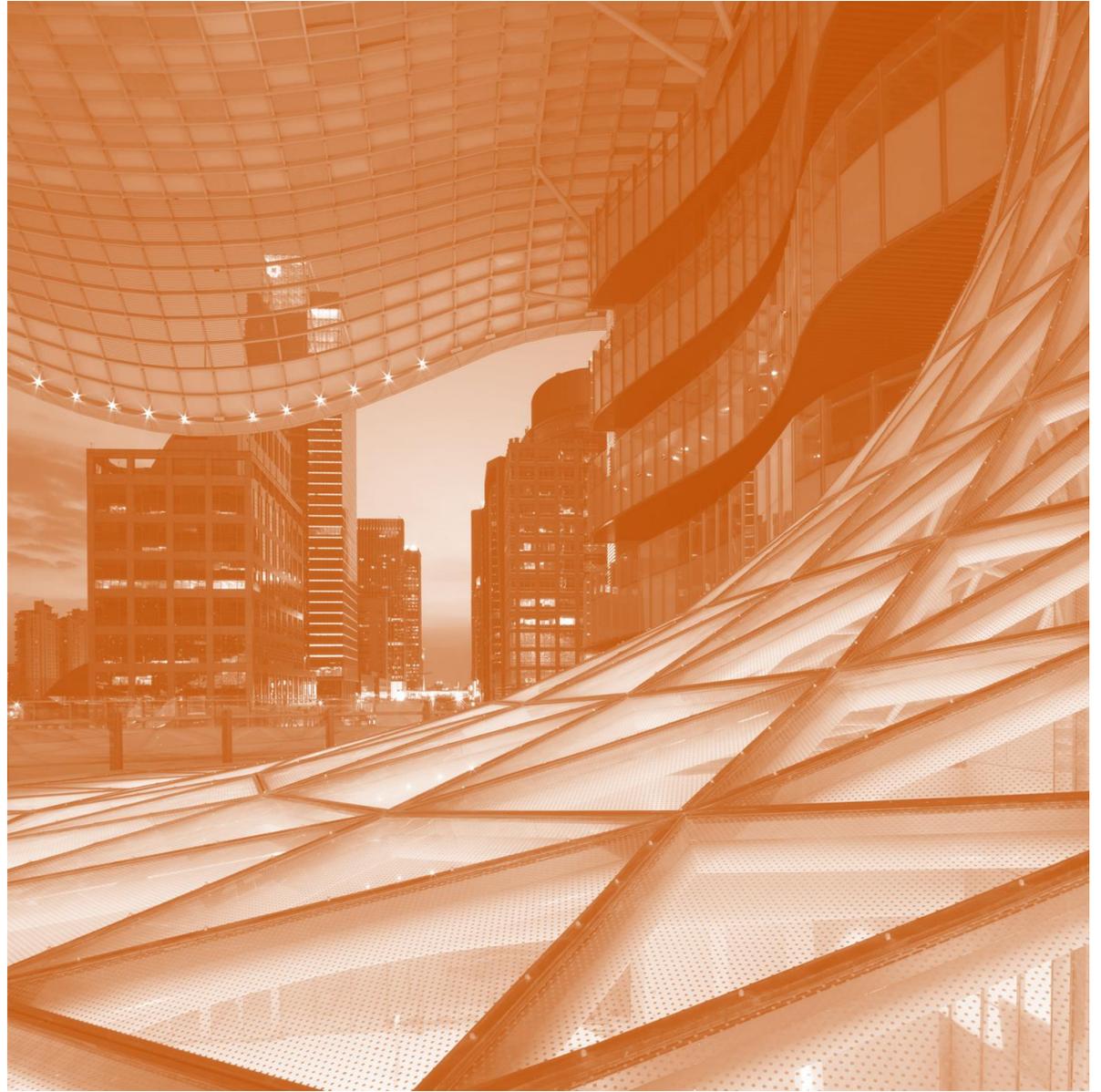


# Categorización de Flujos Principales





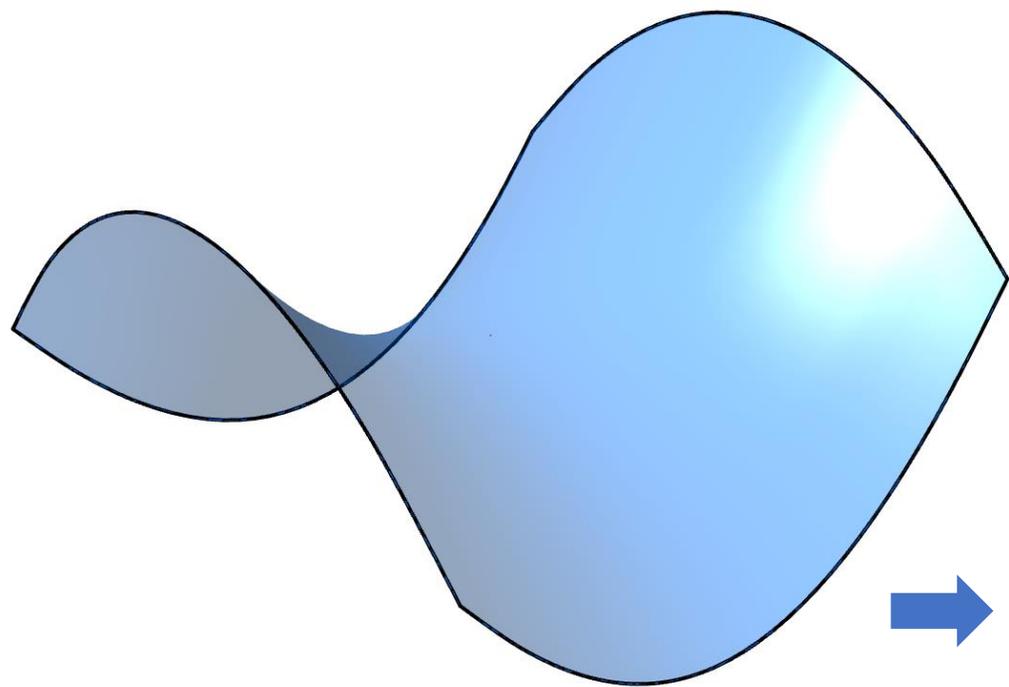
**Taiyuan Botanical Garden, China by  
Delugan Meissl Associated Architects  
(DMAA)**



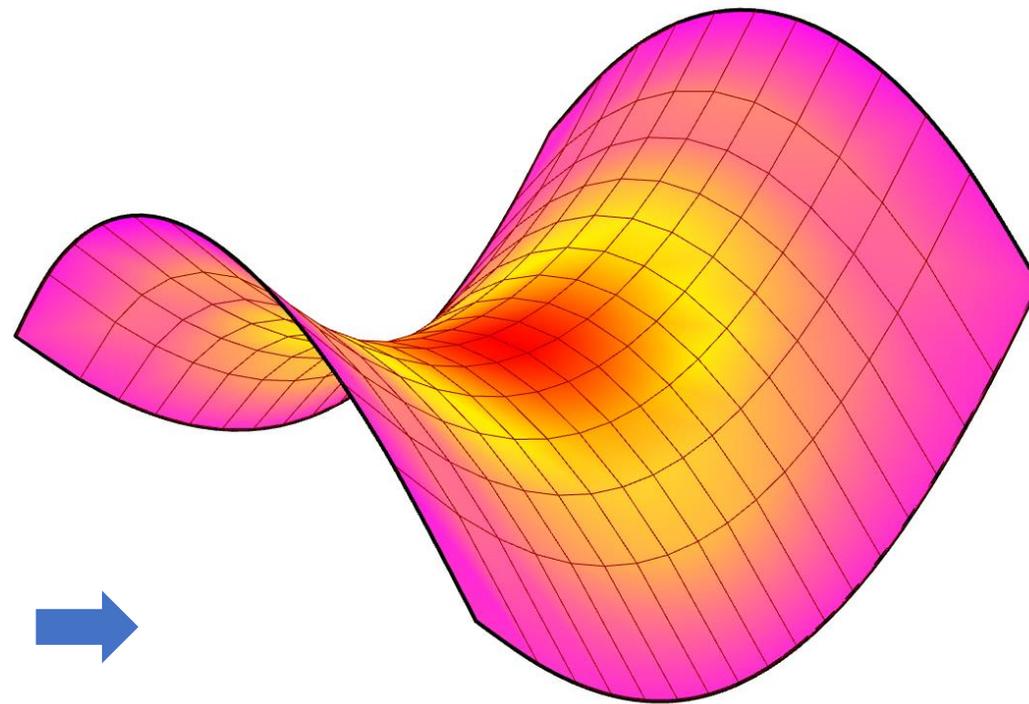
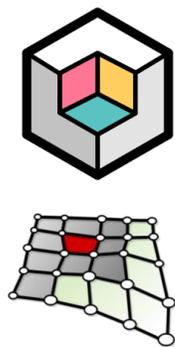
# Casos de Estudio 1

## Reducción de diferencias dimensionales

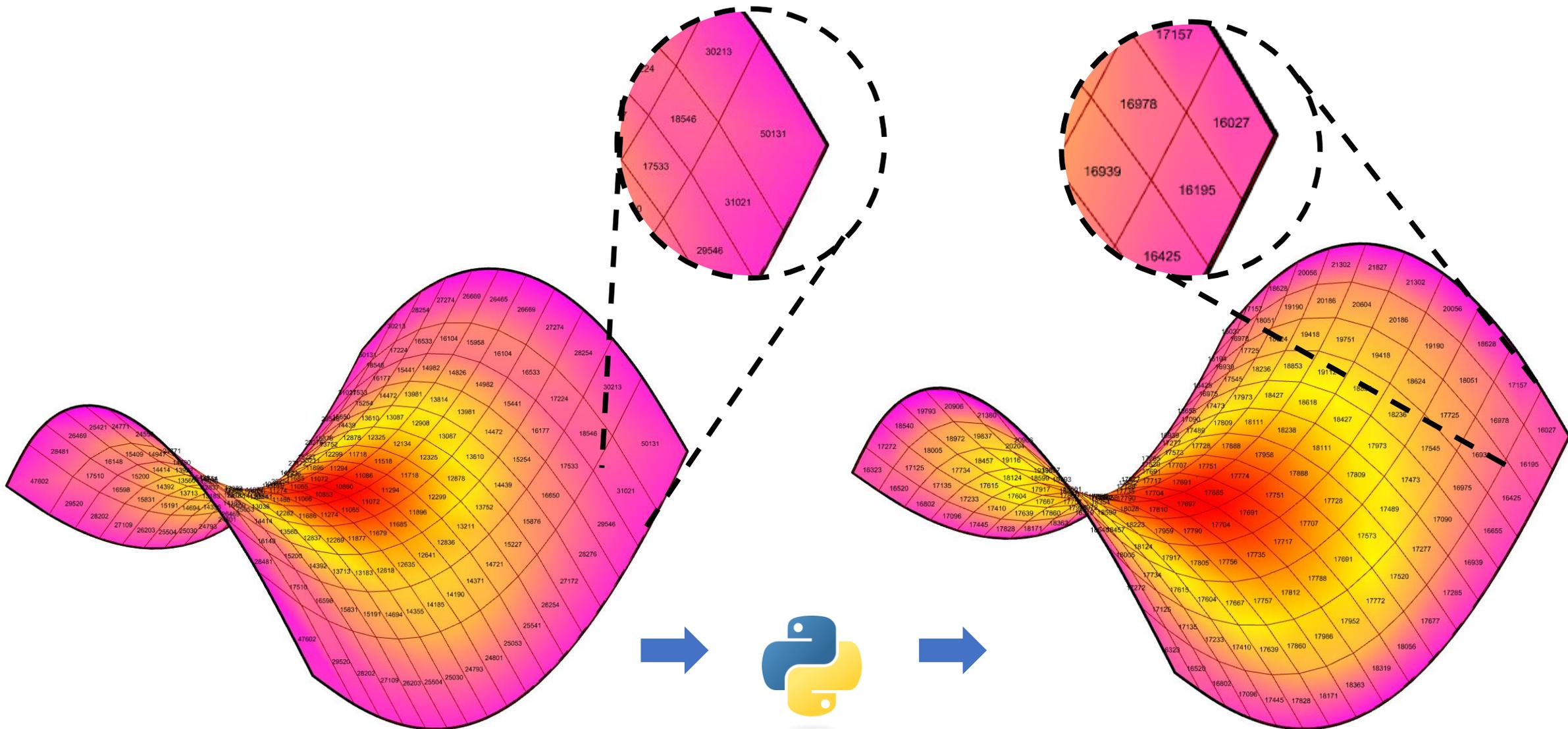




**Superficie Base**

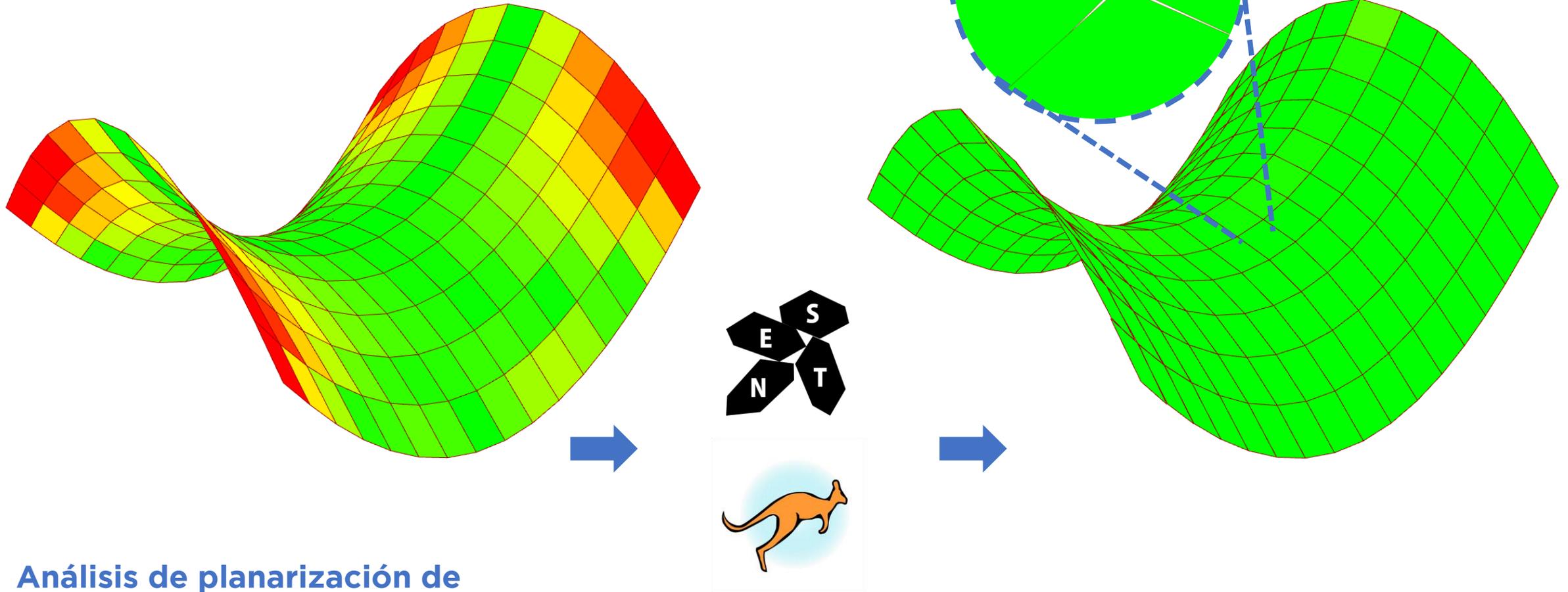


**Subdivision  
Curvature Analysis**



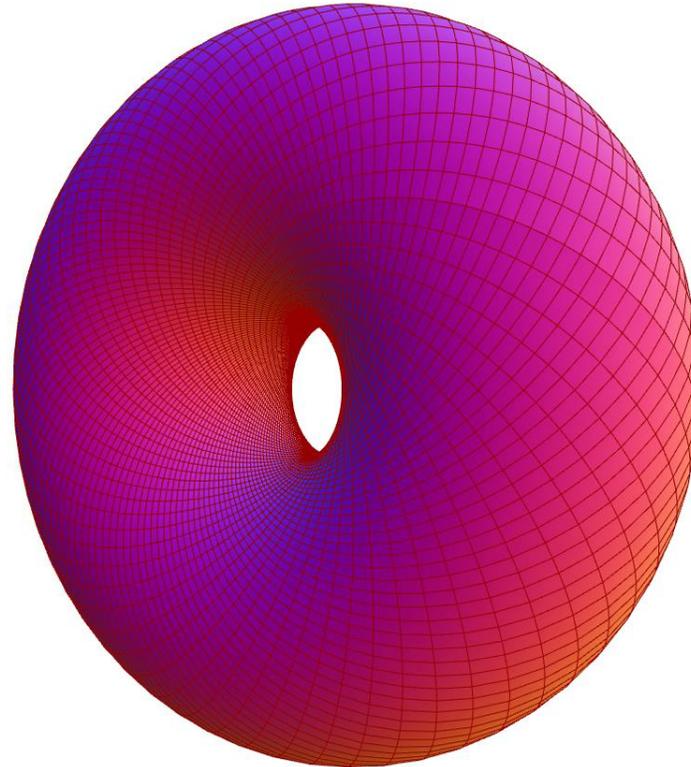
# Reducción de promedio de áreas

# Planarización de caras



Análisis de planarización de elementos con curvatura G.





$$F(u, \alpha, v) = (\cos(\alpha)e^{iu}e^{iv}, \sin(\alpha)e^{iu}e^{-iv}),$$

$\begin{matrix} z \\ \lrcorner \\ yx \end{matrix}$

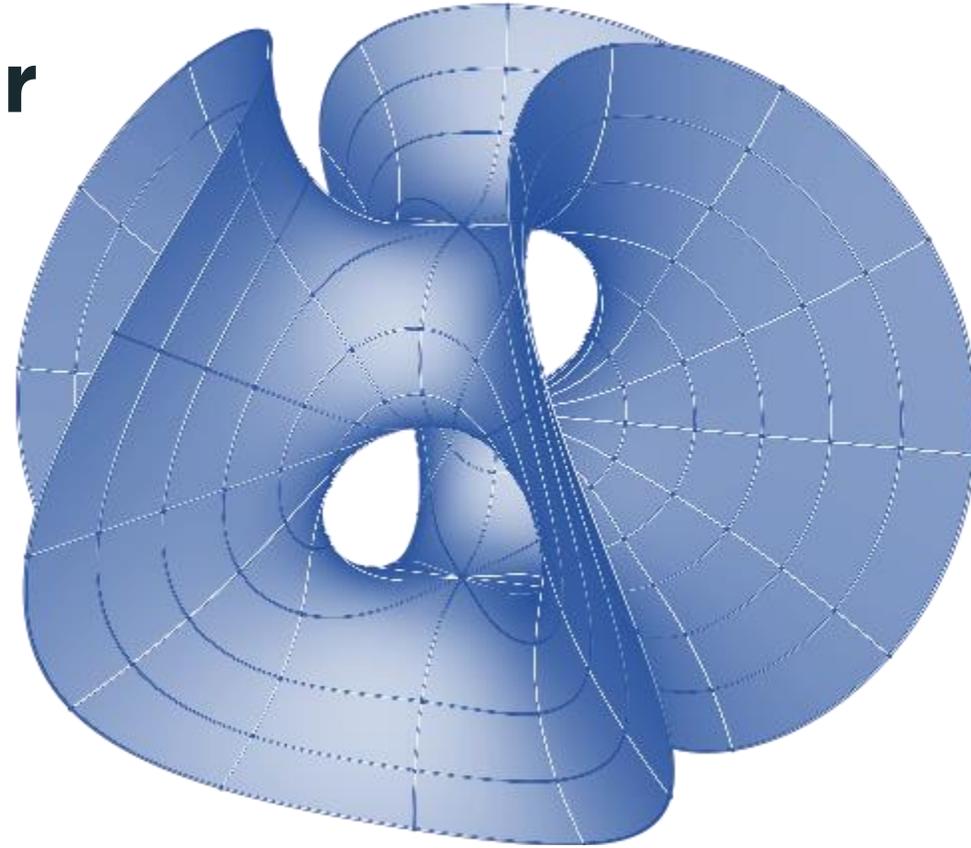
$$u \in [0, 2\pi), \alpha \in [0, \pi/2], \text{ and } v \in [0, \pi].$$

# Casos de Estudio 2

## Comparativa Algebraica y Simulativa de Superficie Mínima



# Chen-Gackstatter Surface

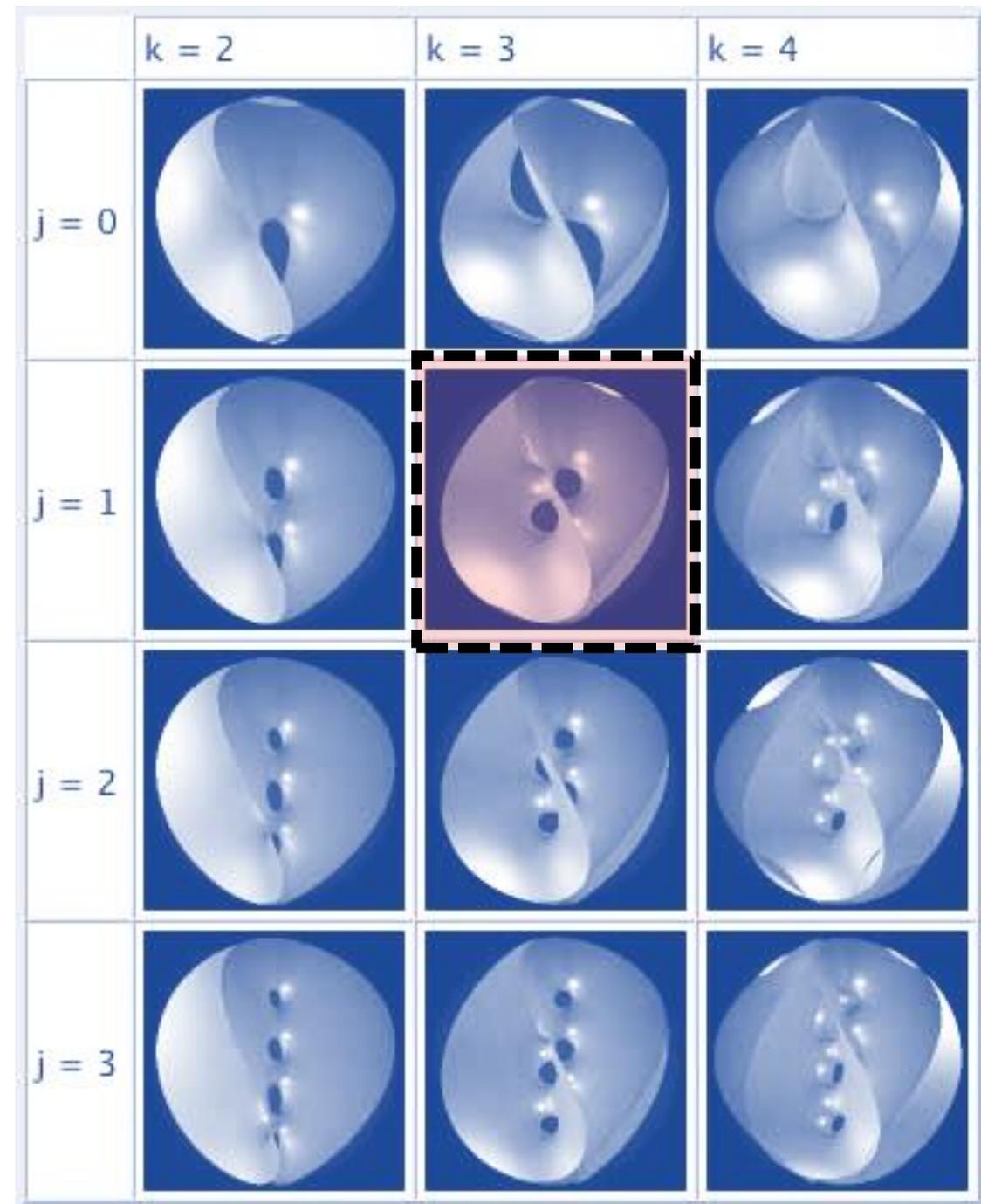


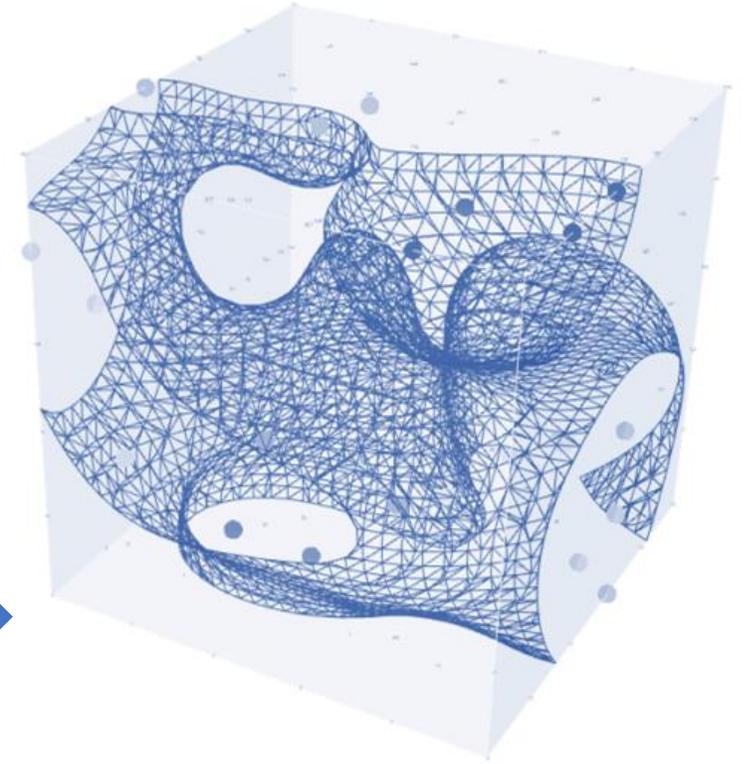
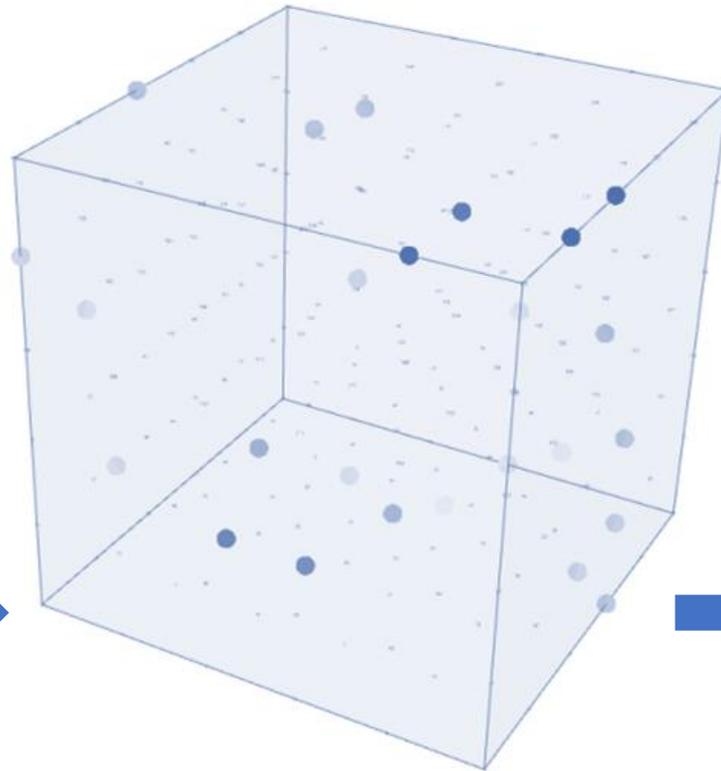
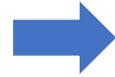
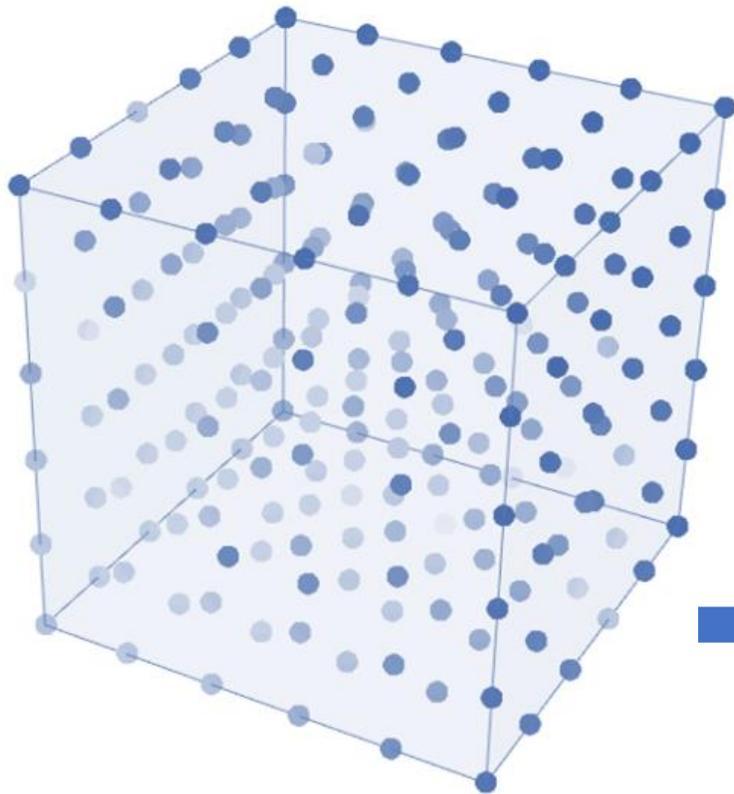
$$f_0 = \left\{ \underset{\text{parte real}}{\operatorname{Re}} \left[ - \frac{2 \left( 2 \operatorname{EllipticE} \left[ \frac{1}{2} \right] - \operatorname{EllipticK} \left[ \frac{1}{2} \right] \right) \operatorname{Gamma} \left[ \frac{5}{4} \right]}{\sqrt{3} \operatorname{Gamma} \left[ \frac{3}{4} \right]} \right], - \frac{1}{2} \underset{\text{parte imaginaria}}{\operatorname{Im}} \left[ \frac{\left( 2 \operatorname{EllipticE} \left[ \frac{1}{2} \right] - \operatorname{EllipticK} \left[ \frac{1}{2} \right] \right) \operatorname{Gamma} \left[ \frac{1}{4} \right]}{\sqrt{3} \operatorname{Gamma} \left[ \frac{3}{4} \right]} \right], 0 \right\} // N$$

{-0.723601, 0., 0.}

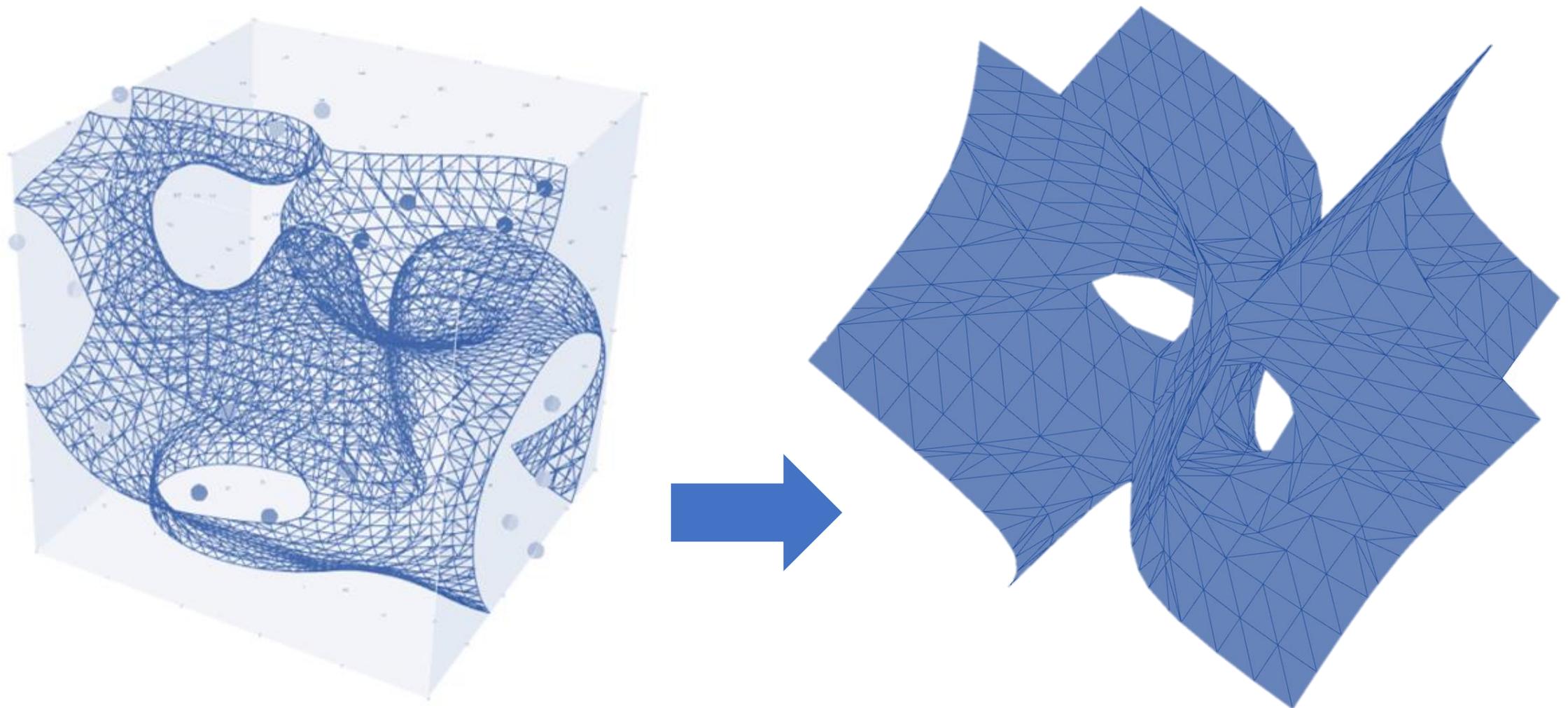
f[z\_] :=  $\underset{\text{parte real}}{\operatorname{Re}}[\{\operatorname{om1}[z], \operatorname{om2}[z], \operatorname{om3}[z]\}] - f_0;$

- **Superficie mínima**
- **Derivada de Enneper**
- **Usa indezación (Num. R.)**
- **Topología variable**
- **Simetría**
- **Destacable en Cálculo Diferencial** (evalúa cambios de propiedades de las curvas y superficies con cálculo y análisis matemáticos, i.e. curvaturas)





**Ecuación:**  $a \cdot (x^u + y^u + z^u) b \cdot (x^v \cdot y + x^v \cdot z + y^v \cdot x + y^v \cdot z + z^v \cdot x + z^v \cdot y) + c \cdot x \cdot y \cdot z + d \cdot (x \cdot y + x \cdot z + y \cdot z) e \cdot (x^v + y^v + z^v) e \cdot (x + y + z) + 1$



**Mapeo de función cúbica**

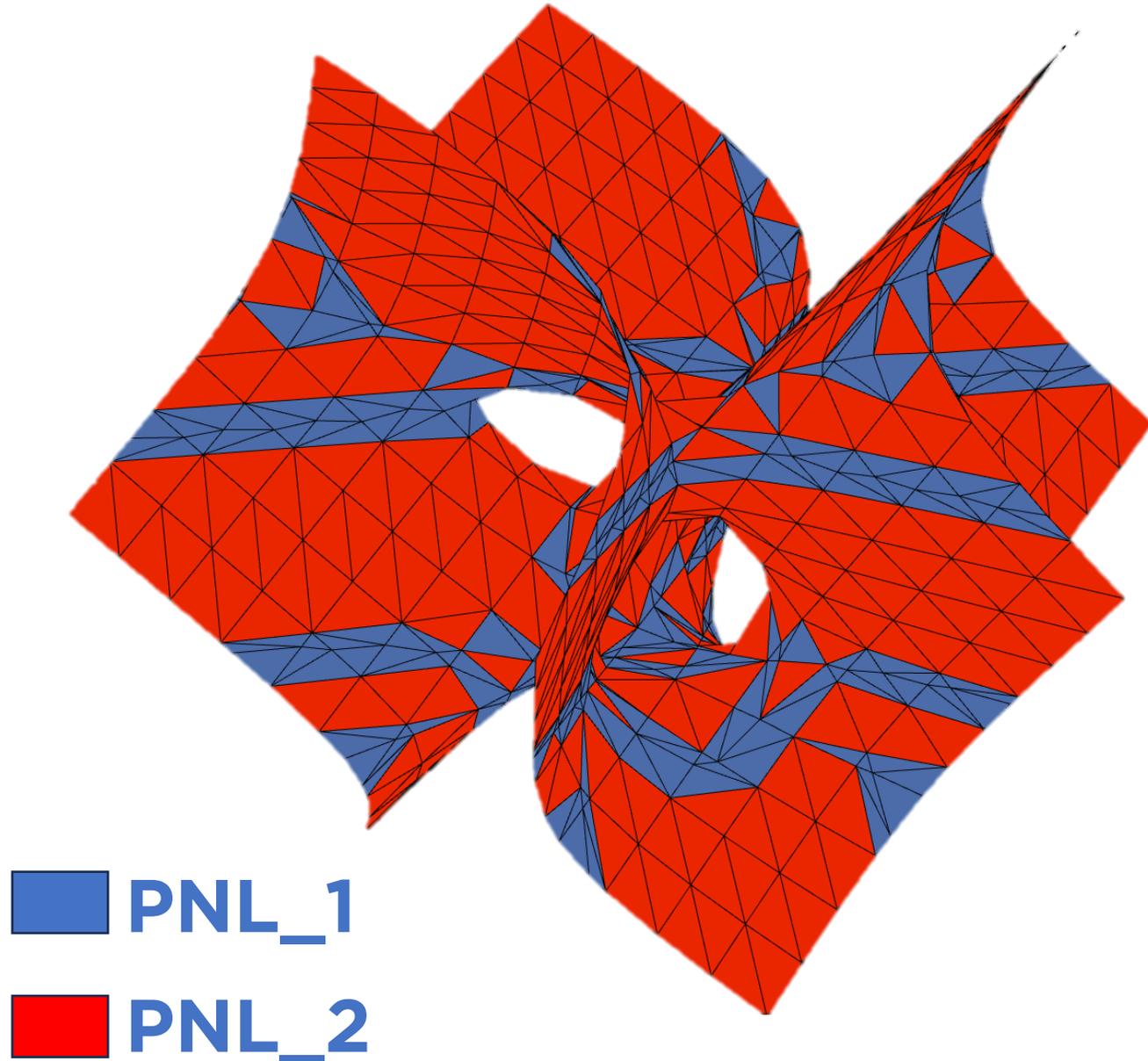
# Machine Learning

## Gaussian Mixture. (No Supervisado)

Identificar patrones y estructuras ocultas en los datos sin la necesidad de que se le diga previamente a qué categoría o clase pertenecen los datos.

Analizar datos complejos, realizar clustering (agrupamiento), modelar distribuciones de datos en función de características similares.

Tomar decisiones de diseño más informadas y personalizadas.



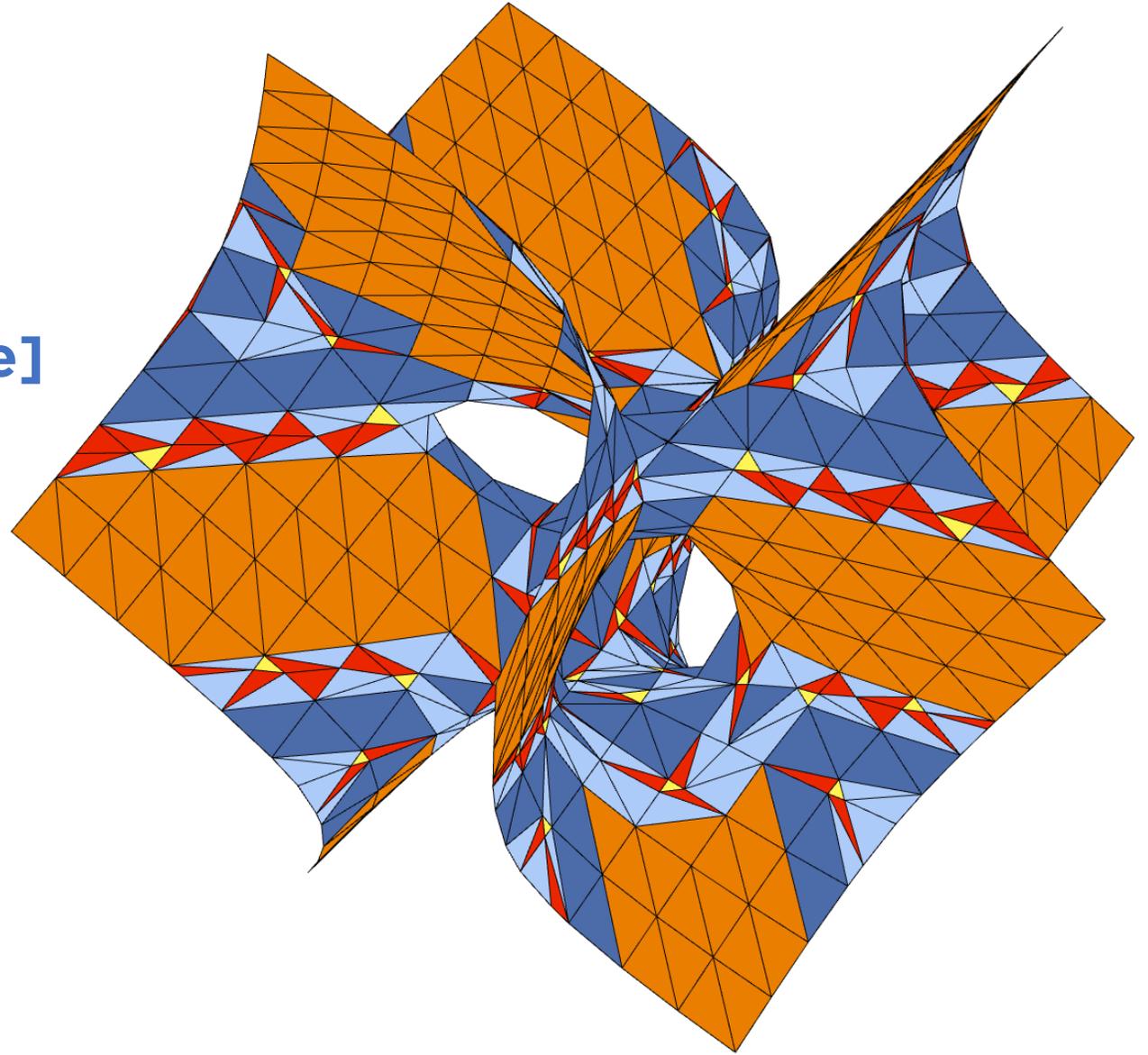
# Machine Learning

## Gaussian Mixture.

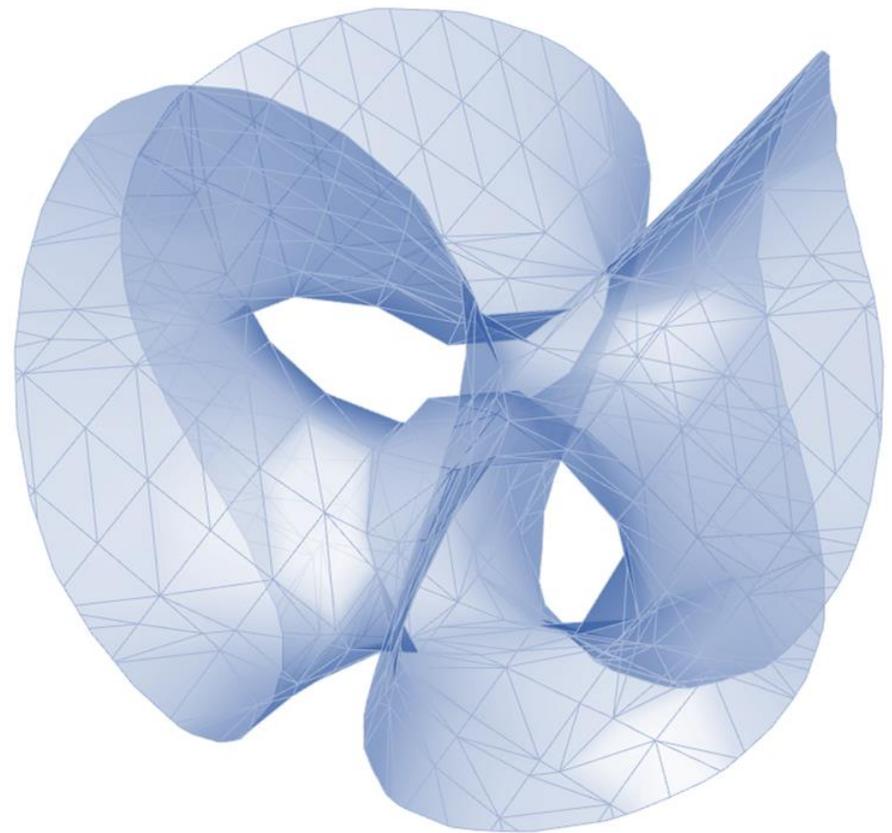
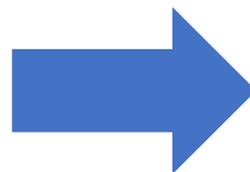
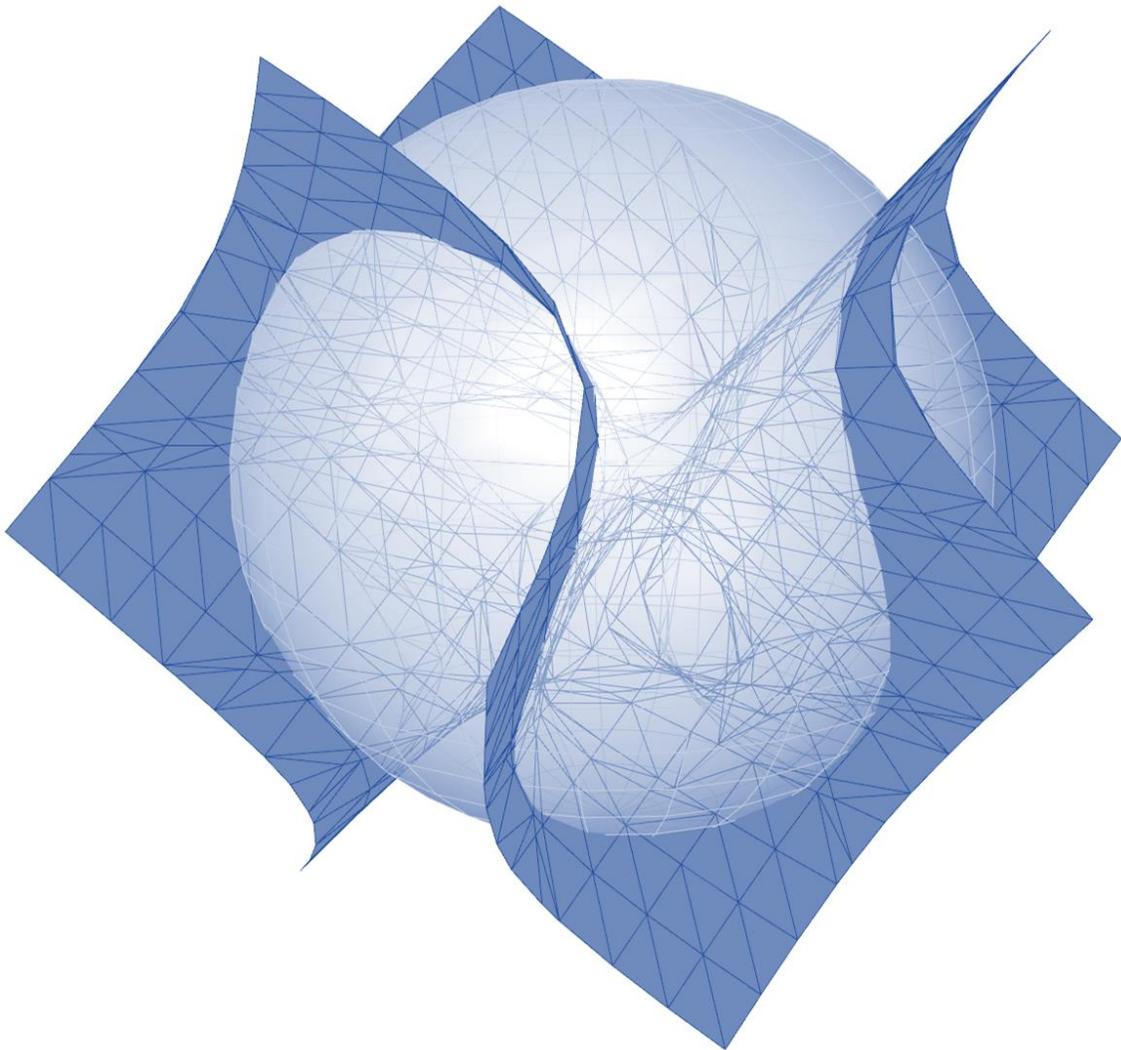
Clustering:

[A [n - n1],Pmtro\_Lin,Cociente]

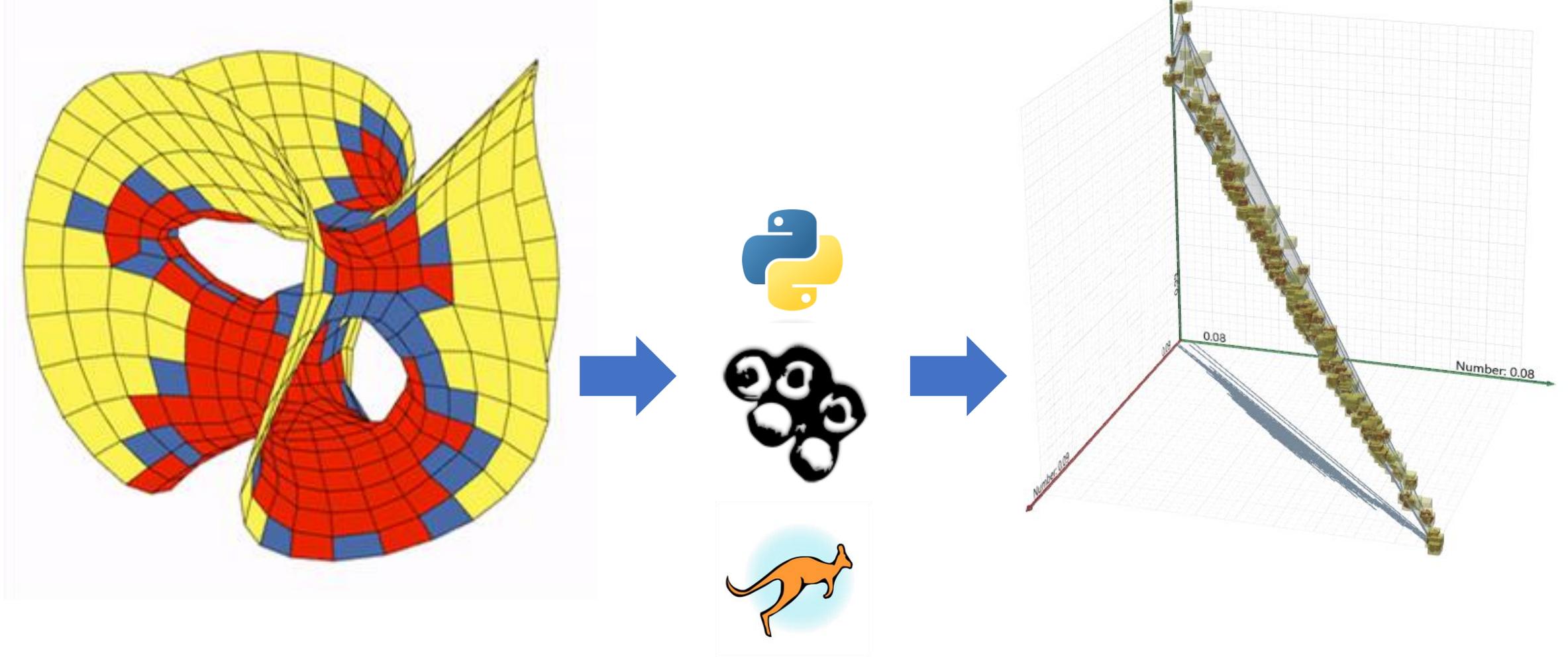
	P1		[Int-1,int-2]
	P2		[Int-3,int-4]
	P3		[Int-5,int-6]
	P4		[Int-7,int-8]
	P5		[Int-8,int-9]



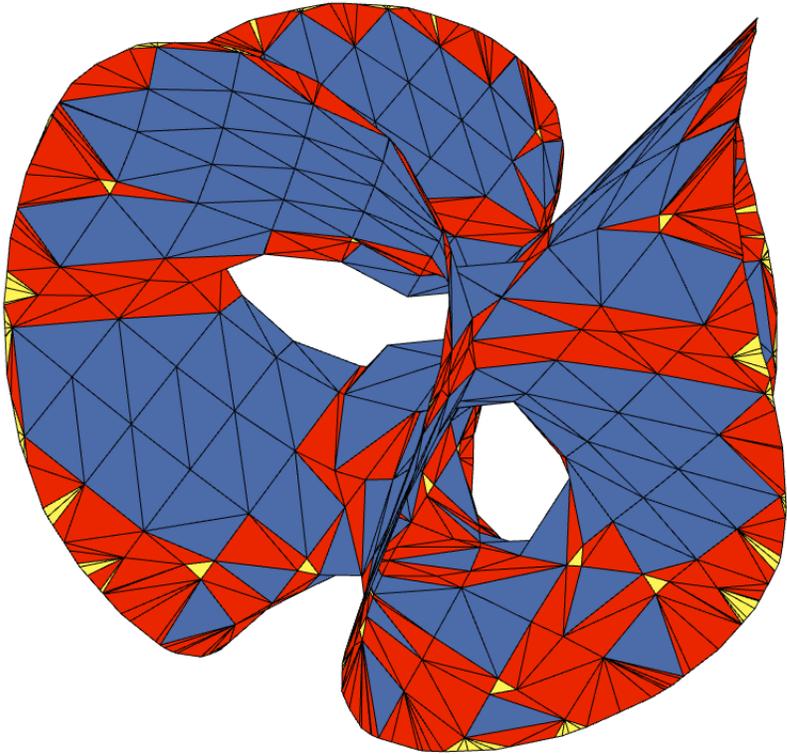
# Operador Booleano de Sustracción



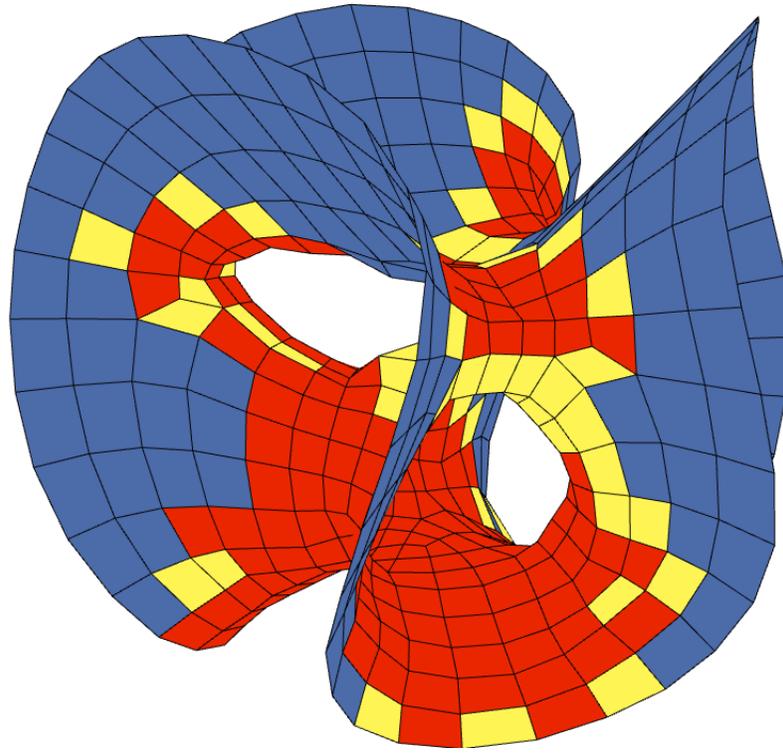
# Simulación de Optimización



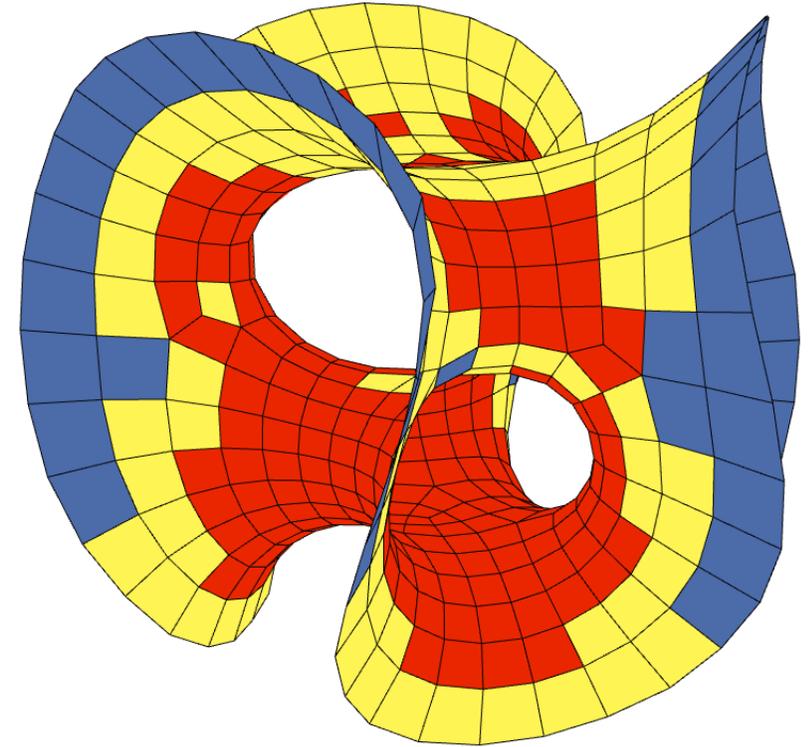
# Comparativa de clusters



Valencia y Geometría irregular  
1 predominante de 3

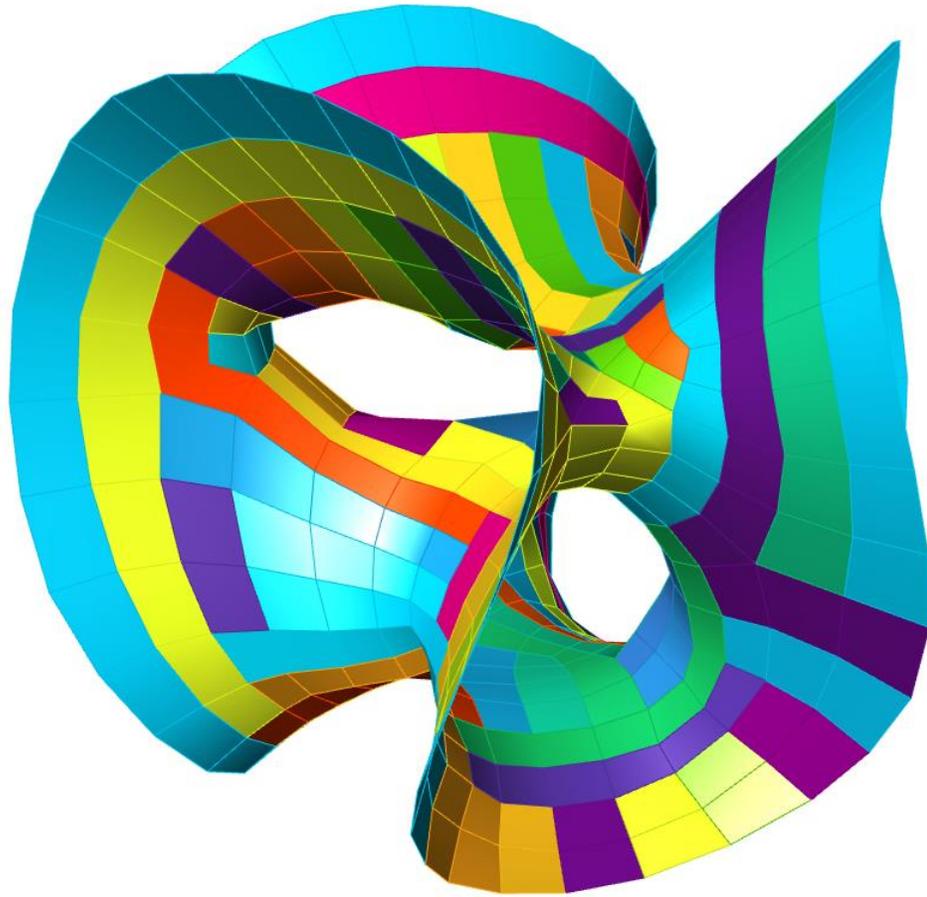


Valencia y Geometría abrupta  
2 predominante de 3



Valencia y Geometría regular

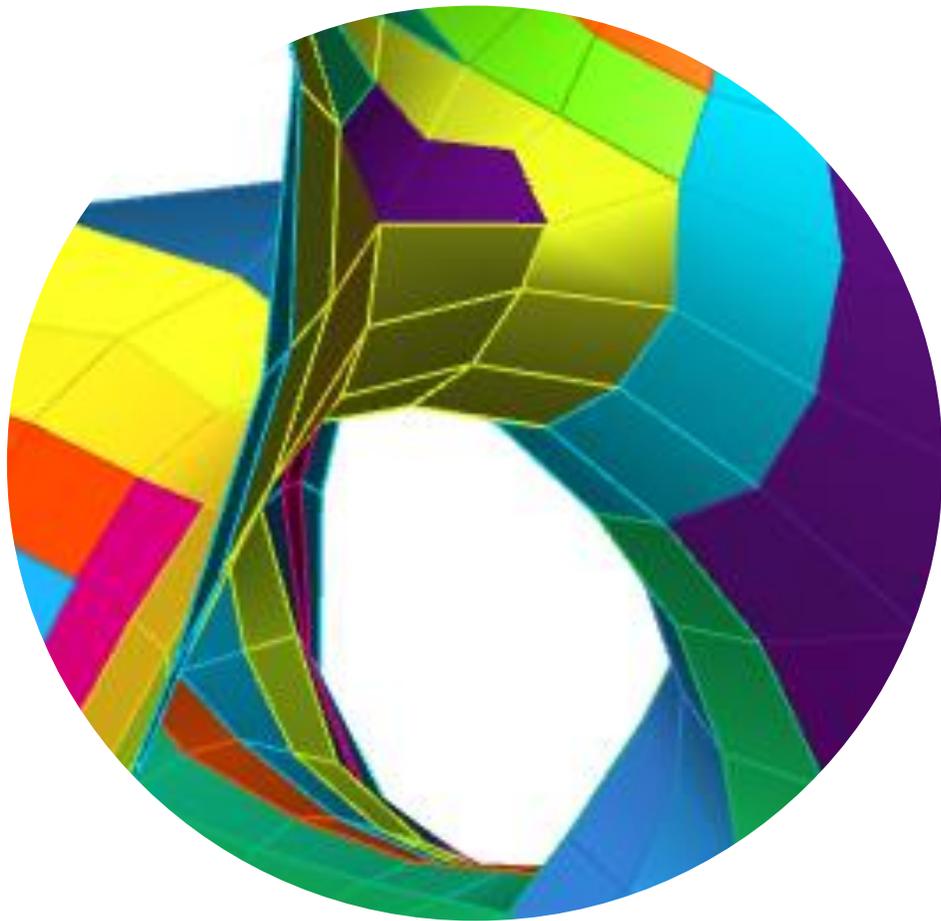
# Resultados



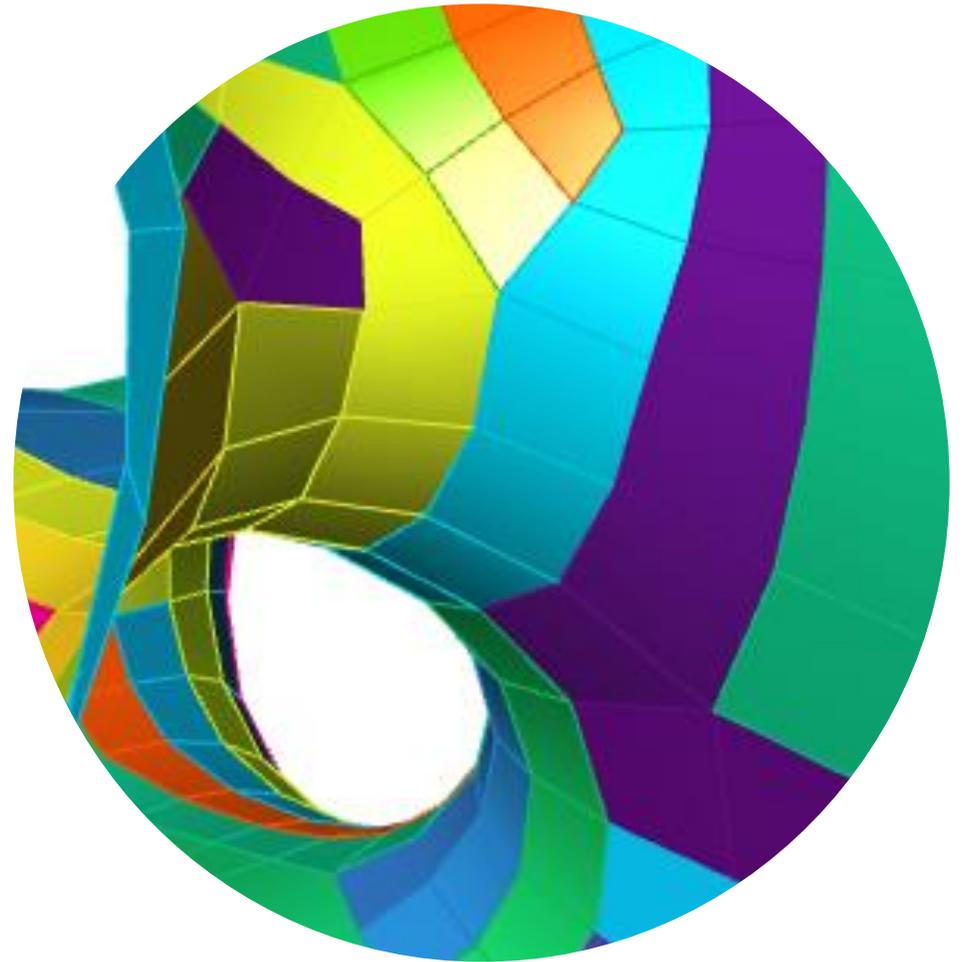
**Abrupto**



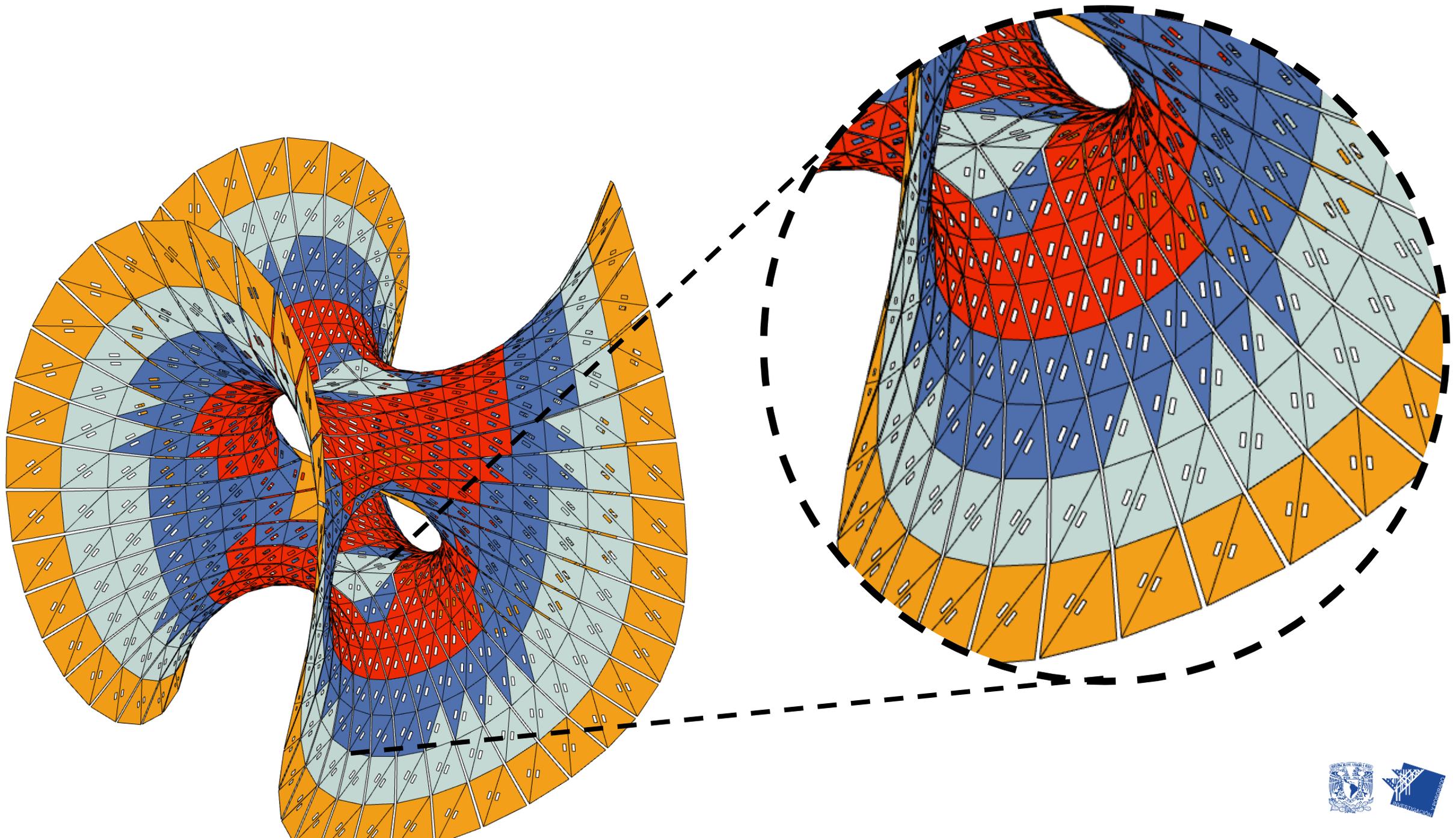
**Regular**

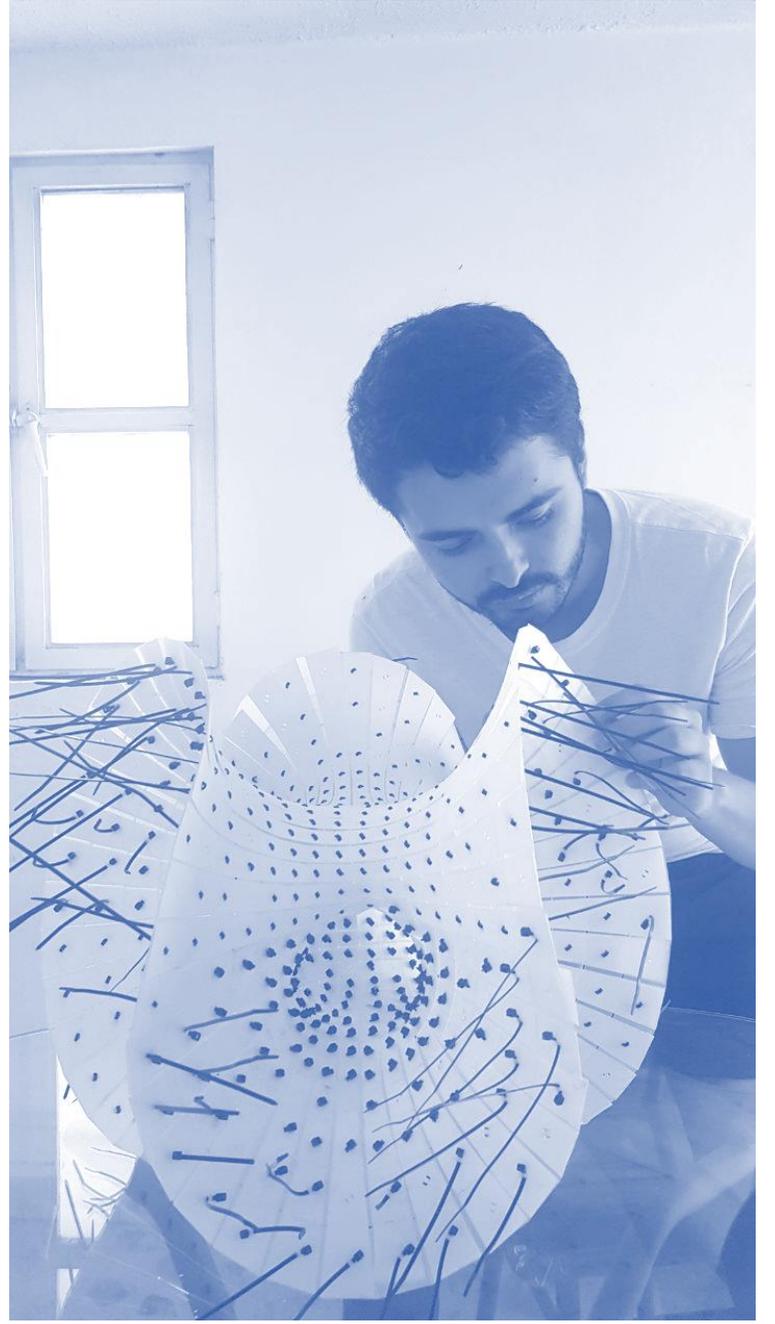


**Abrupto**



**Máxima Tangencia**





# Casos de Estudio 3

## Experimentación con la Fabricación Digital

**Propiedad intelectual a:**

**José Luis Encarnación Miranda**

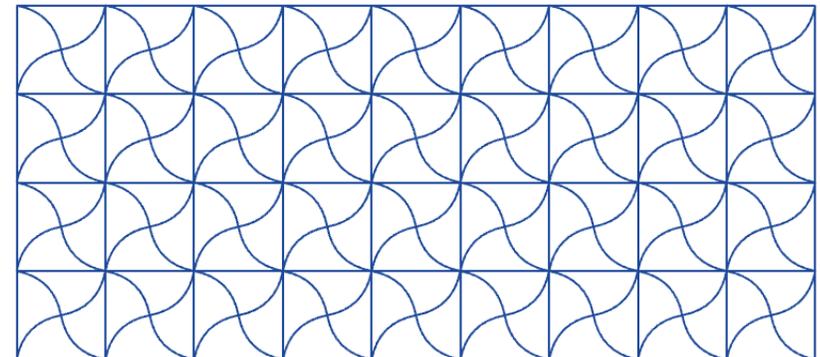
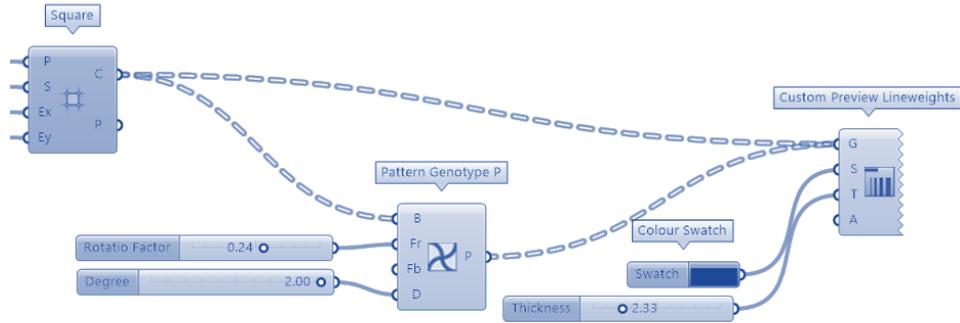
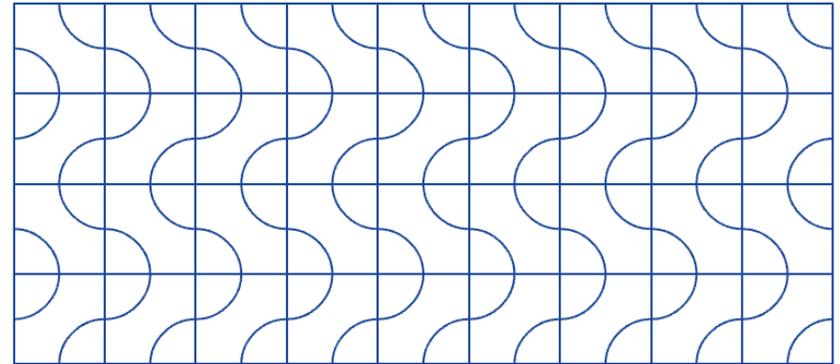
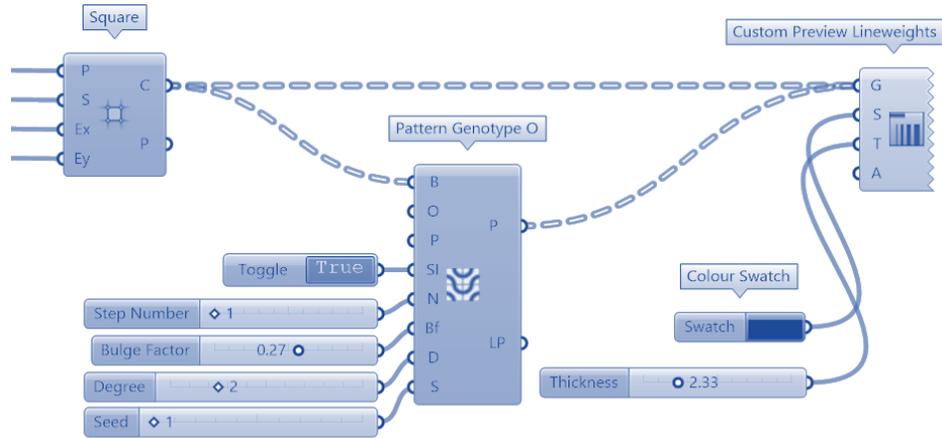
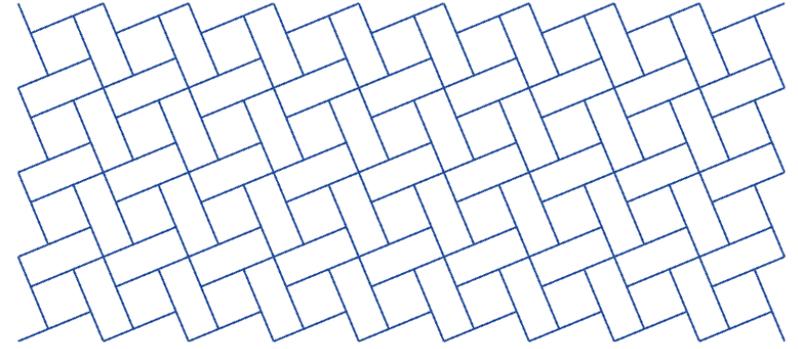
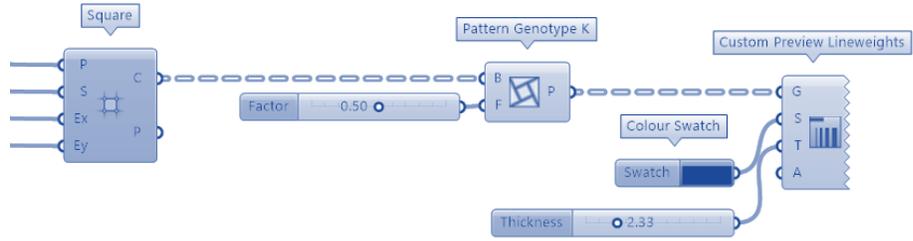
**Tutores:**

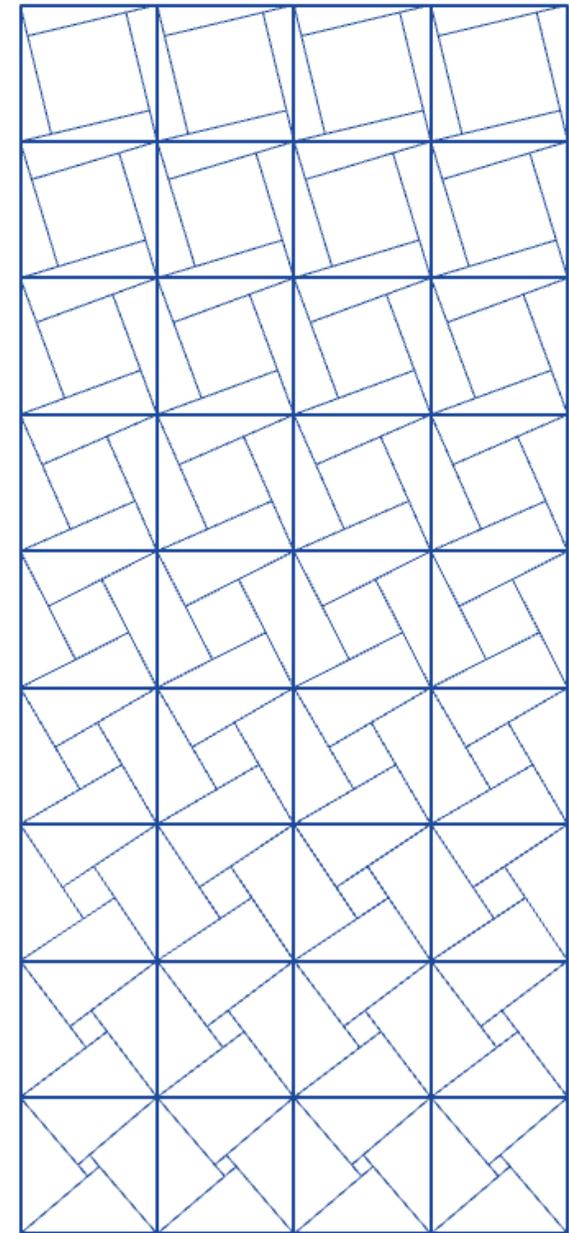
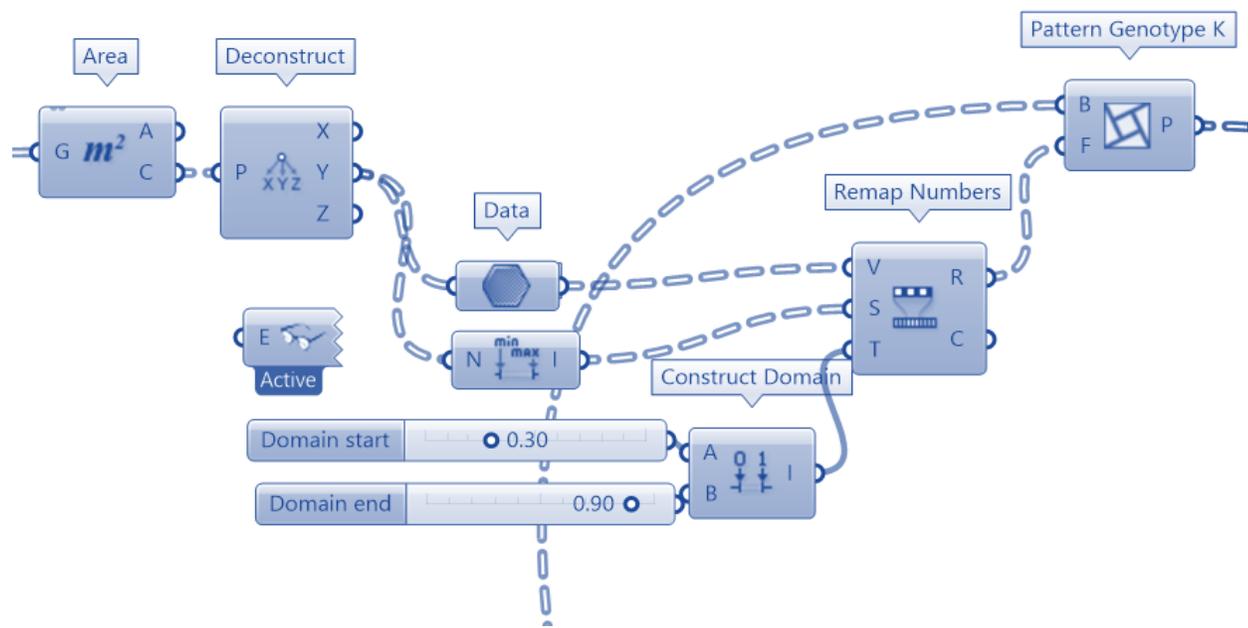
**Dr. Juan Gerardo Oliva**

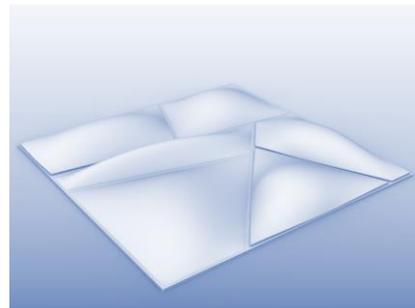
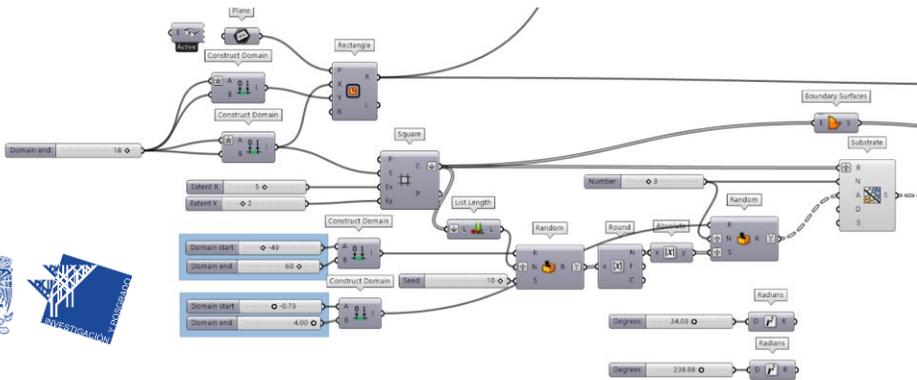
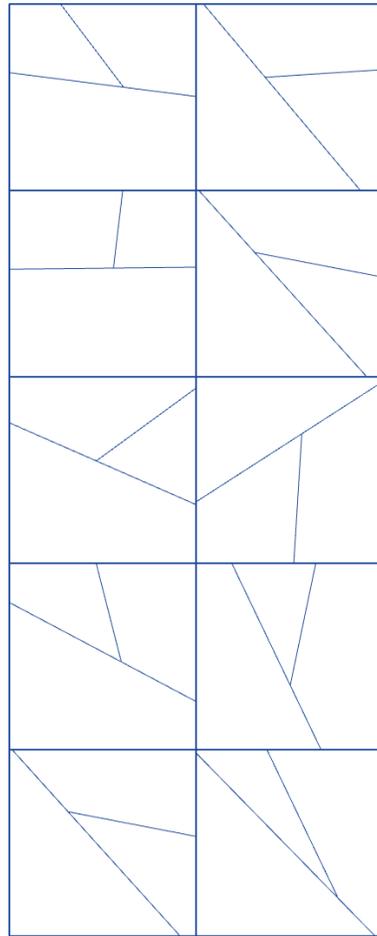
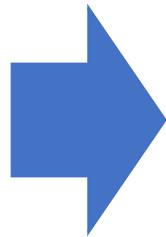
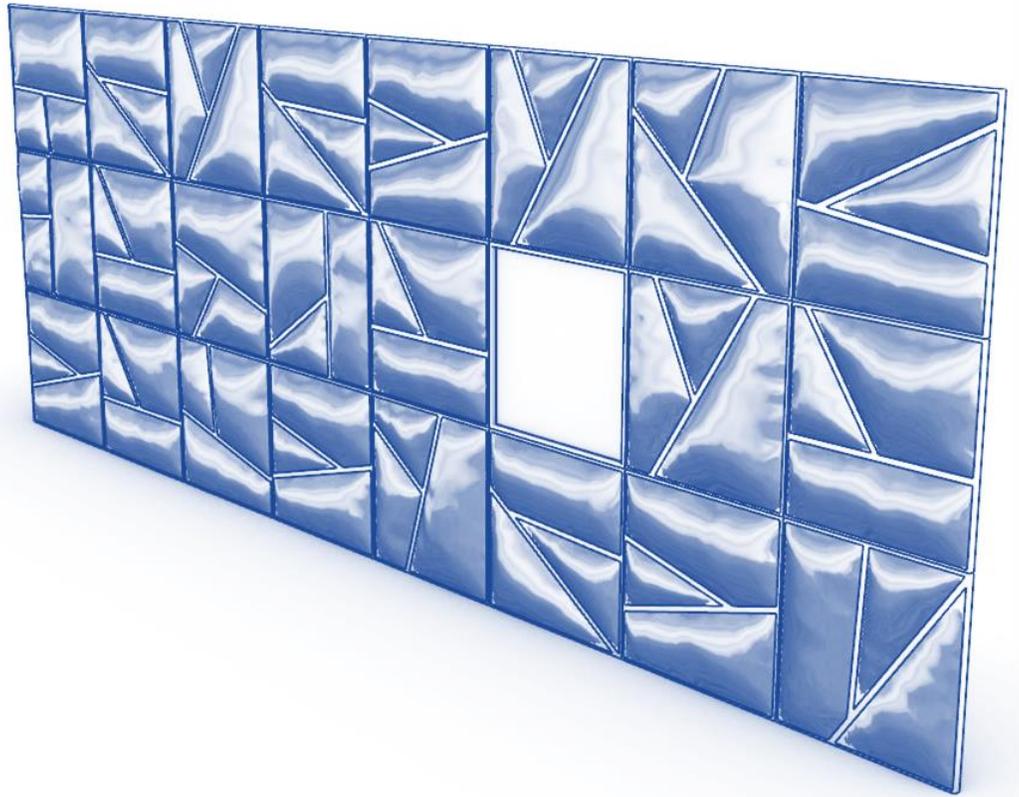
**Dr. Ronan Bolaños Linares**

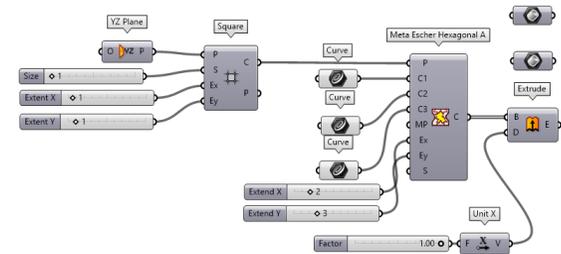
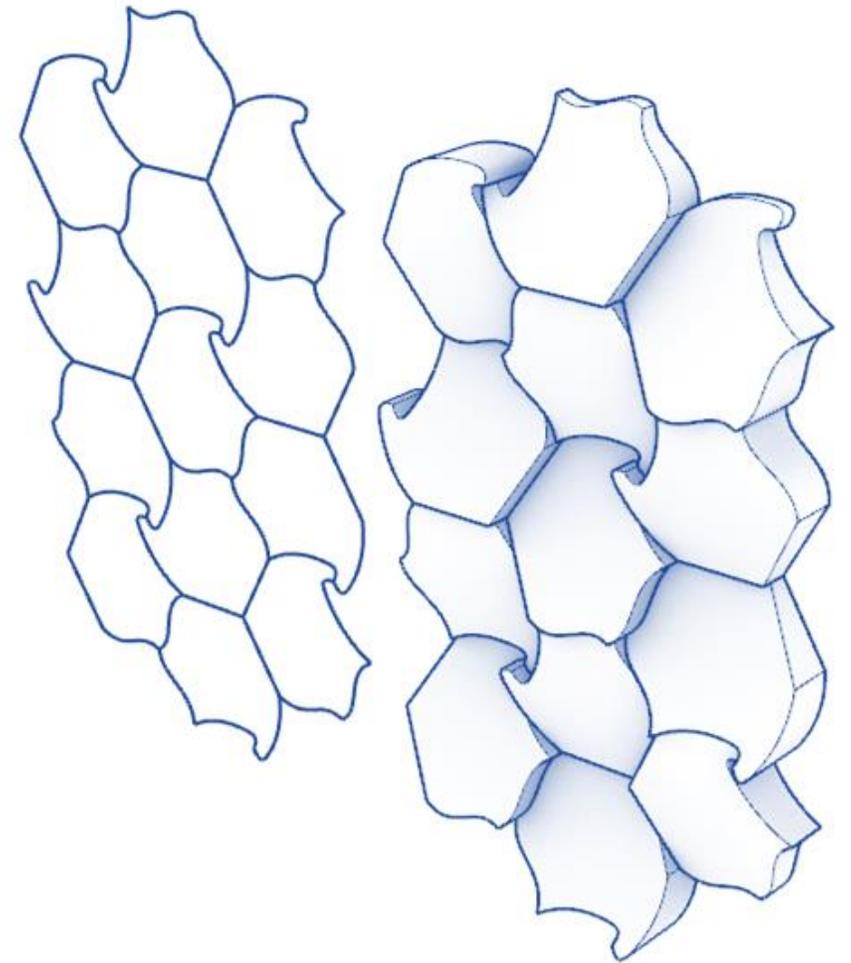
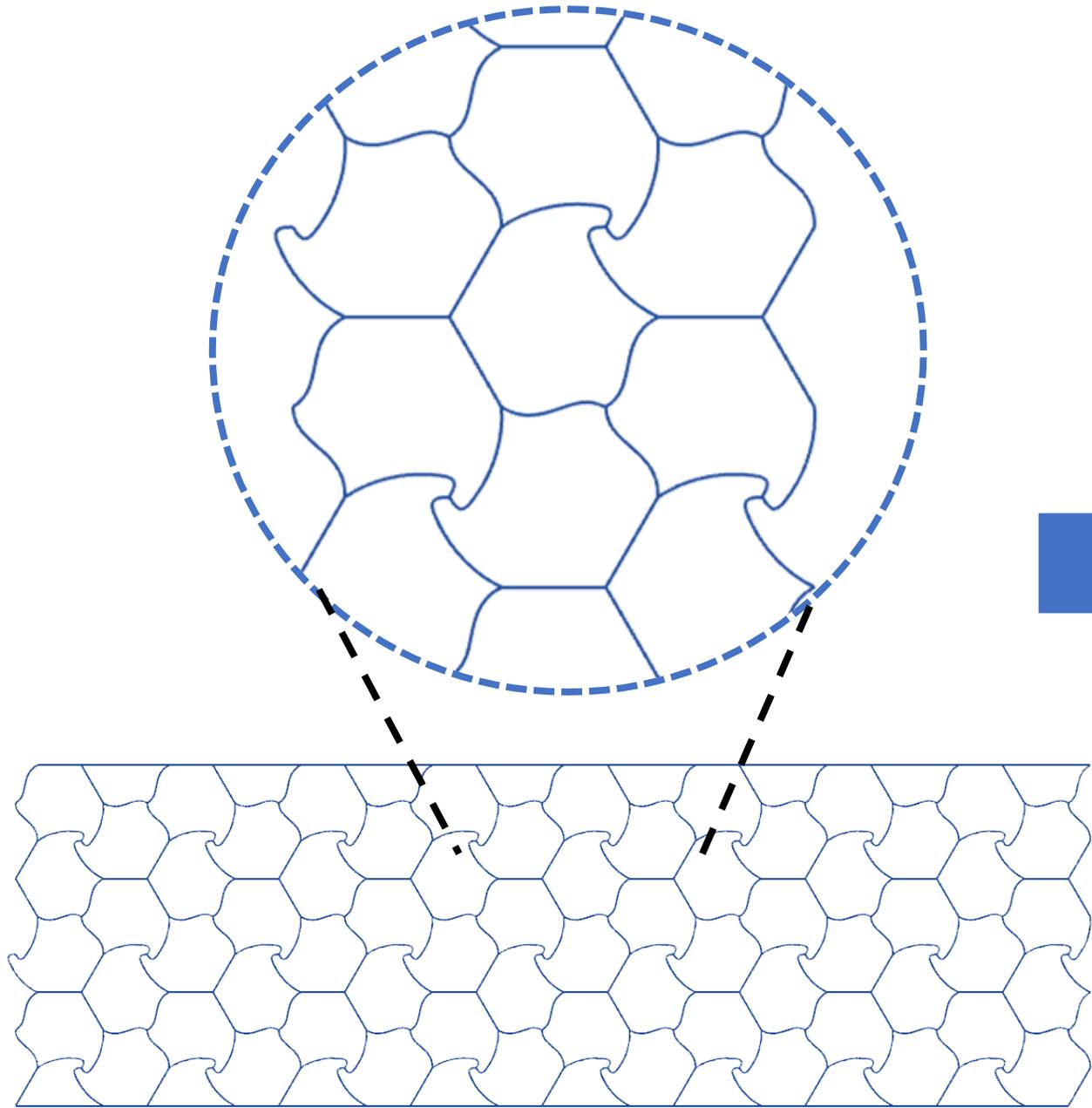
**Dr. Mauricio Enrique Reyes Castillo**

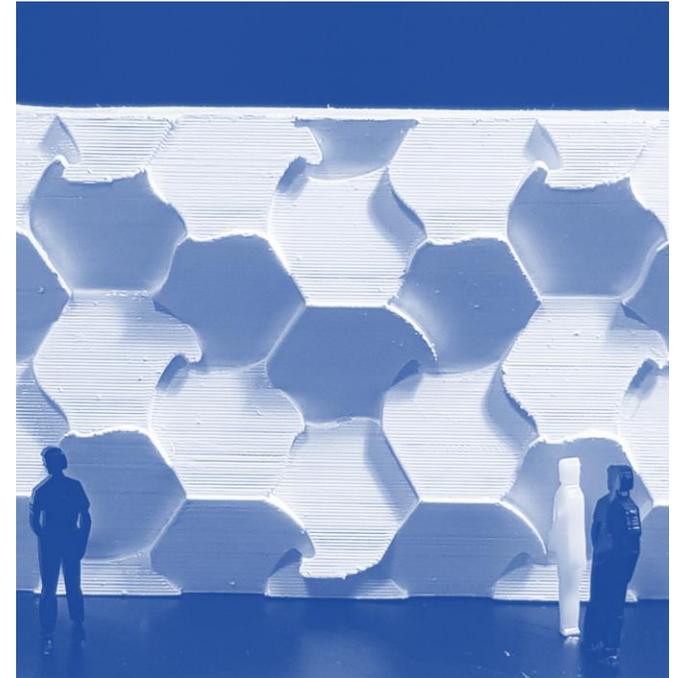
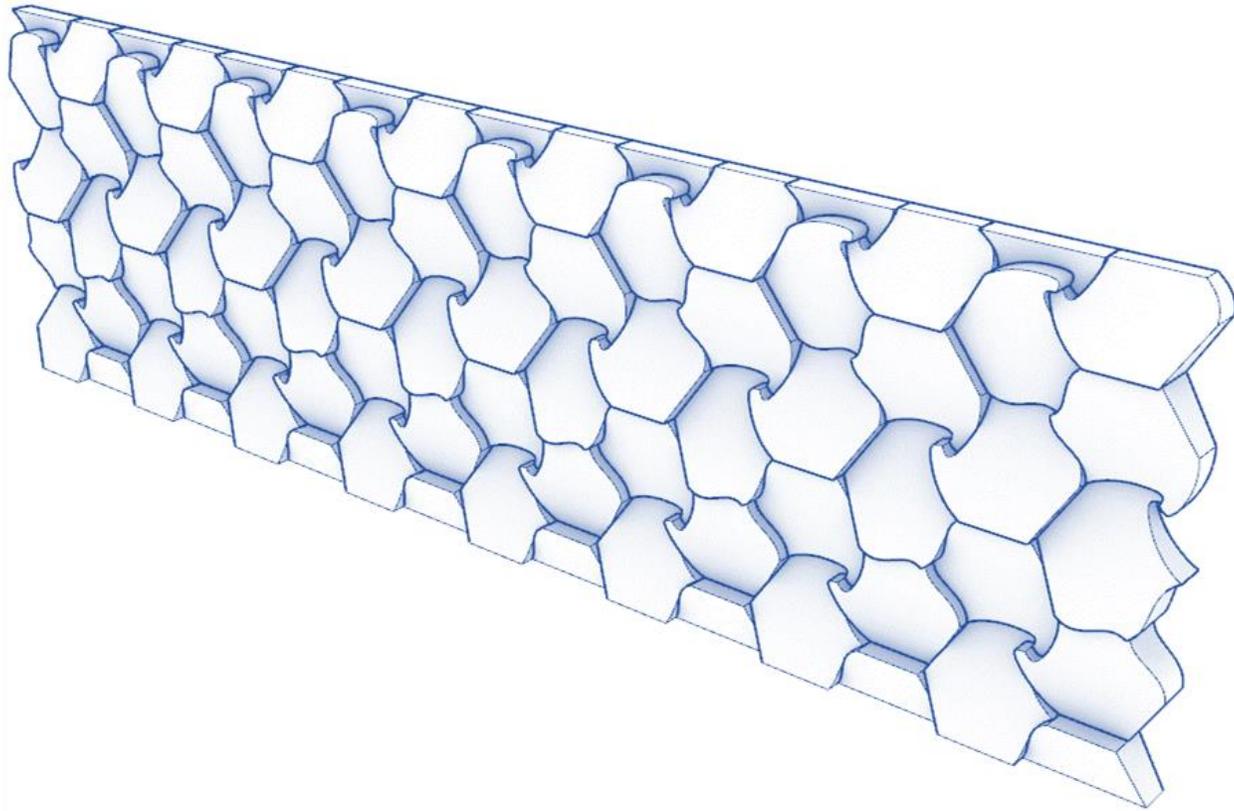


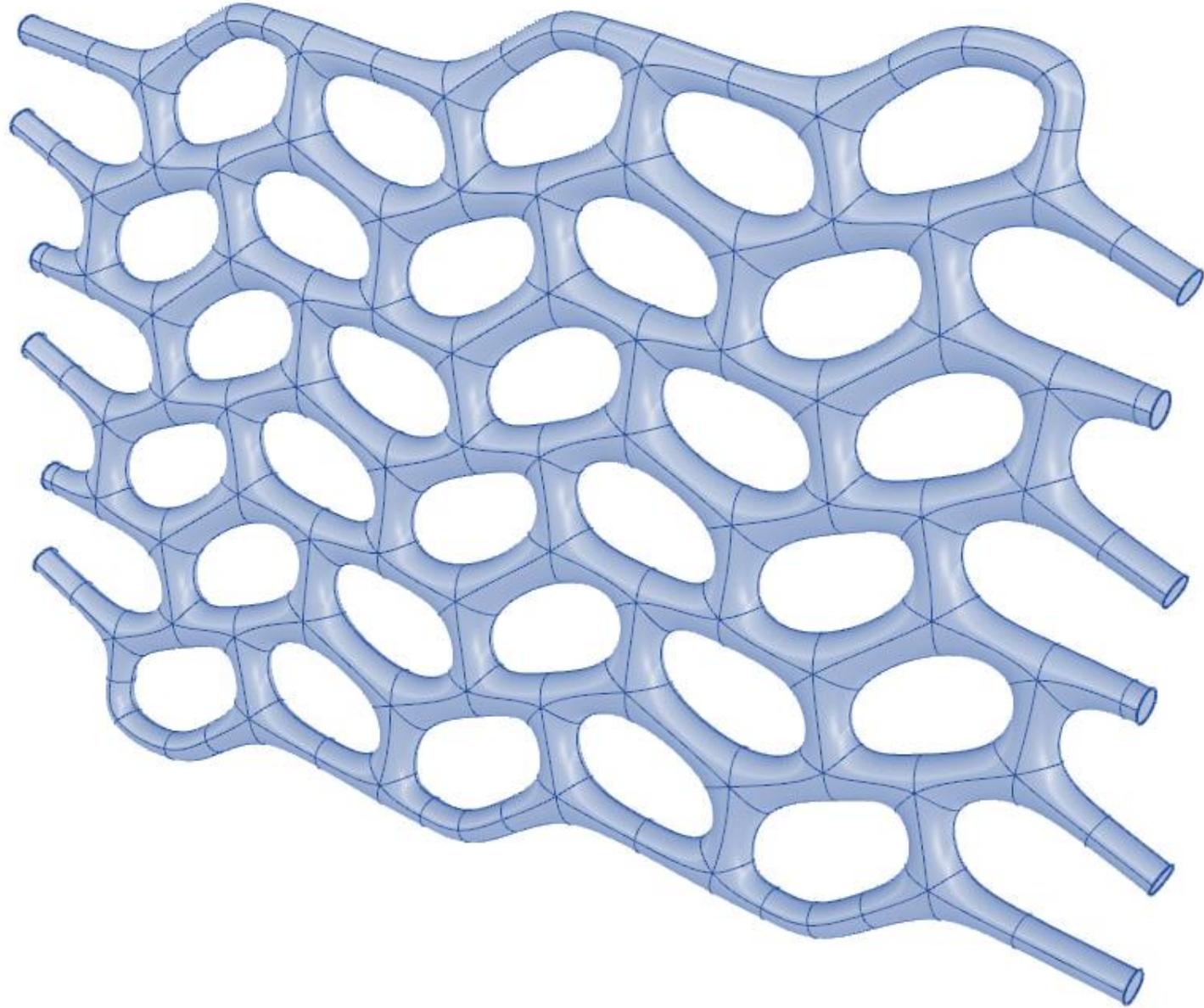


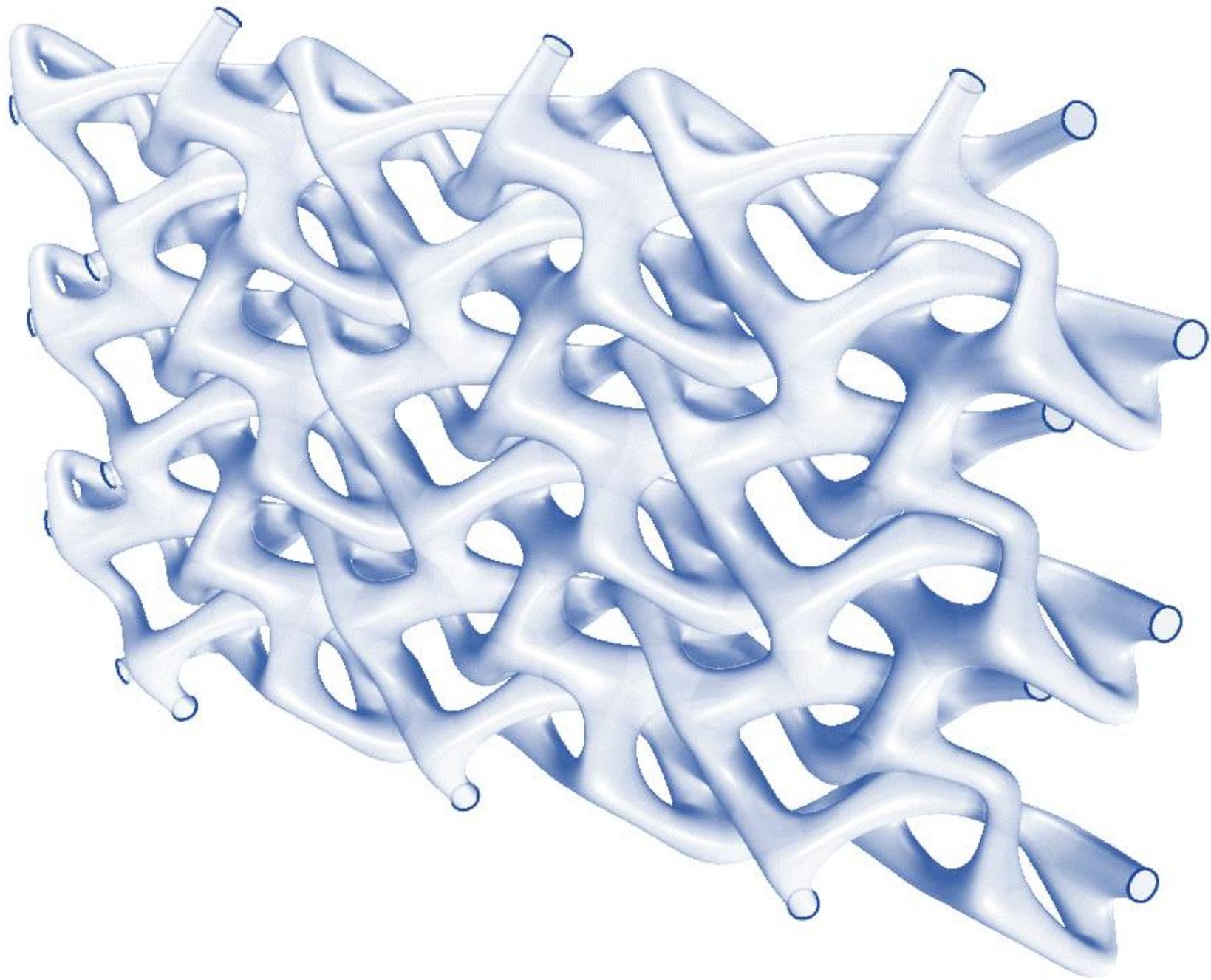


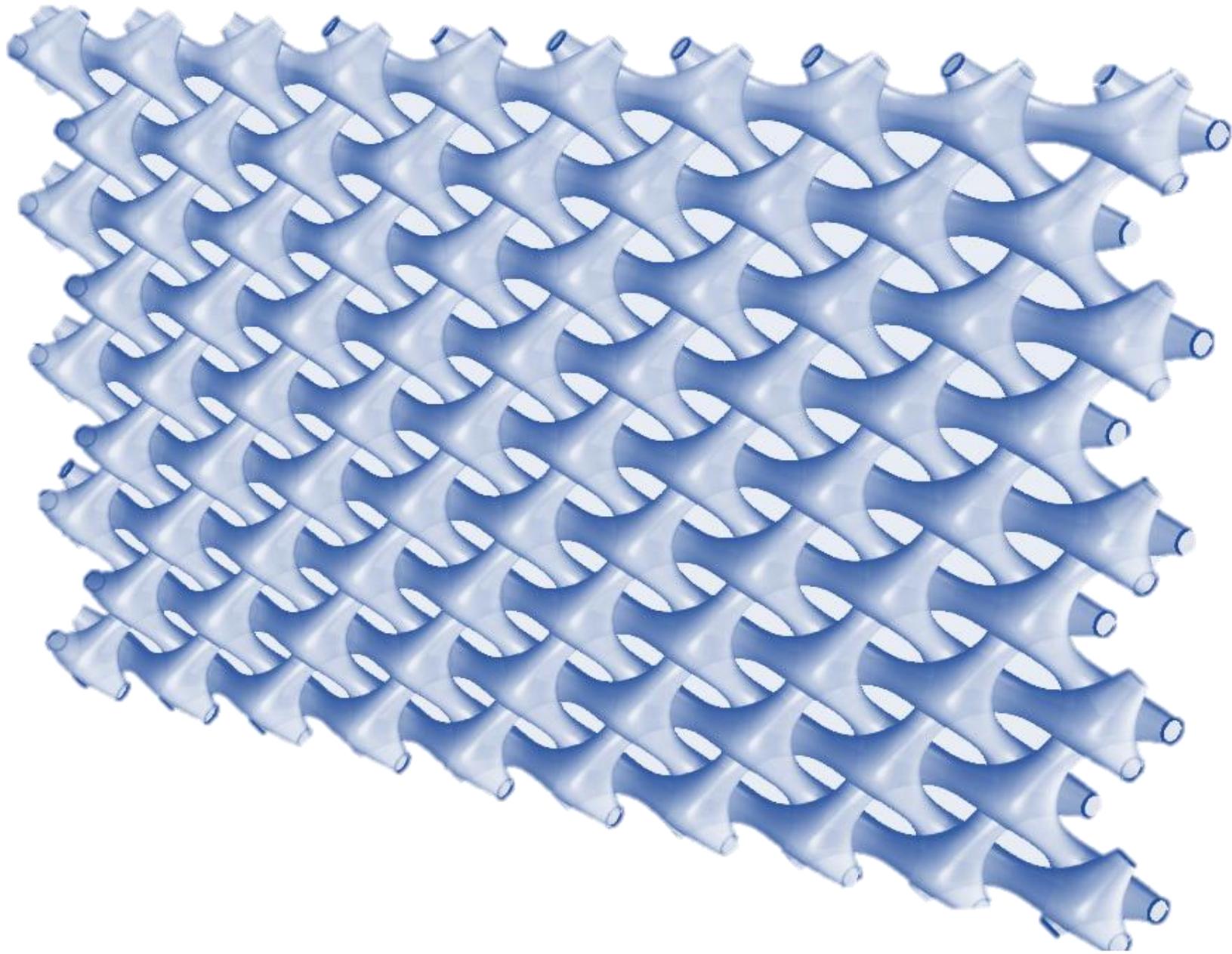




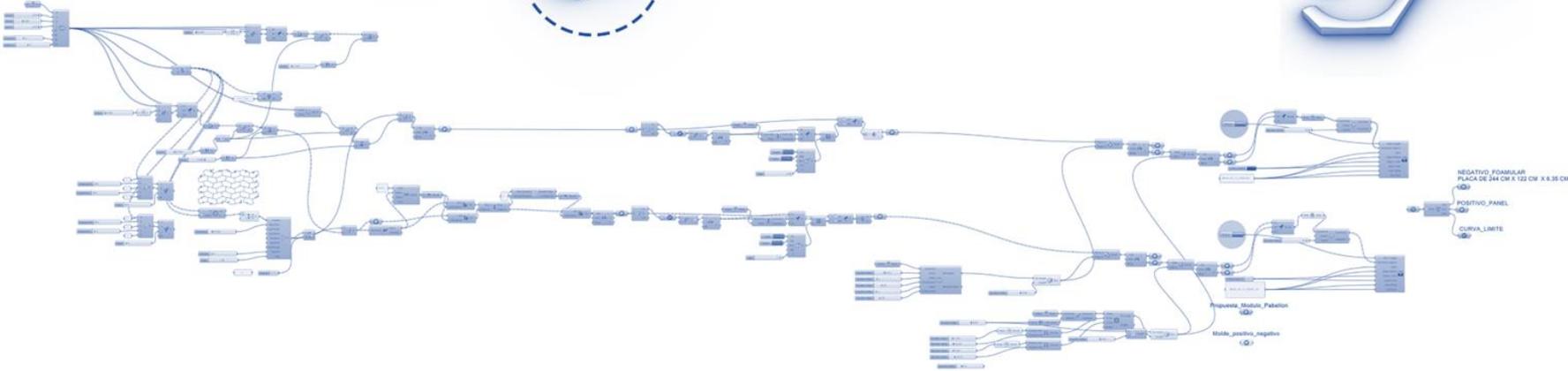
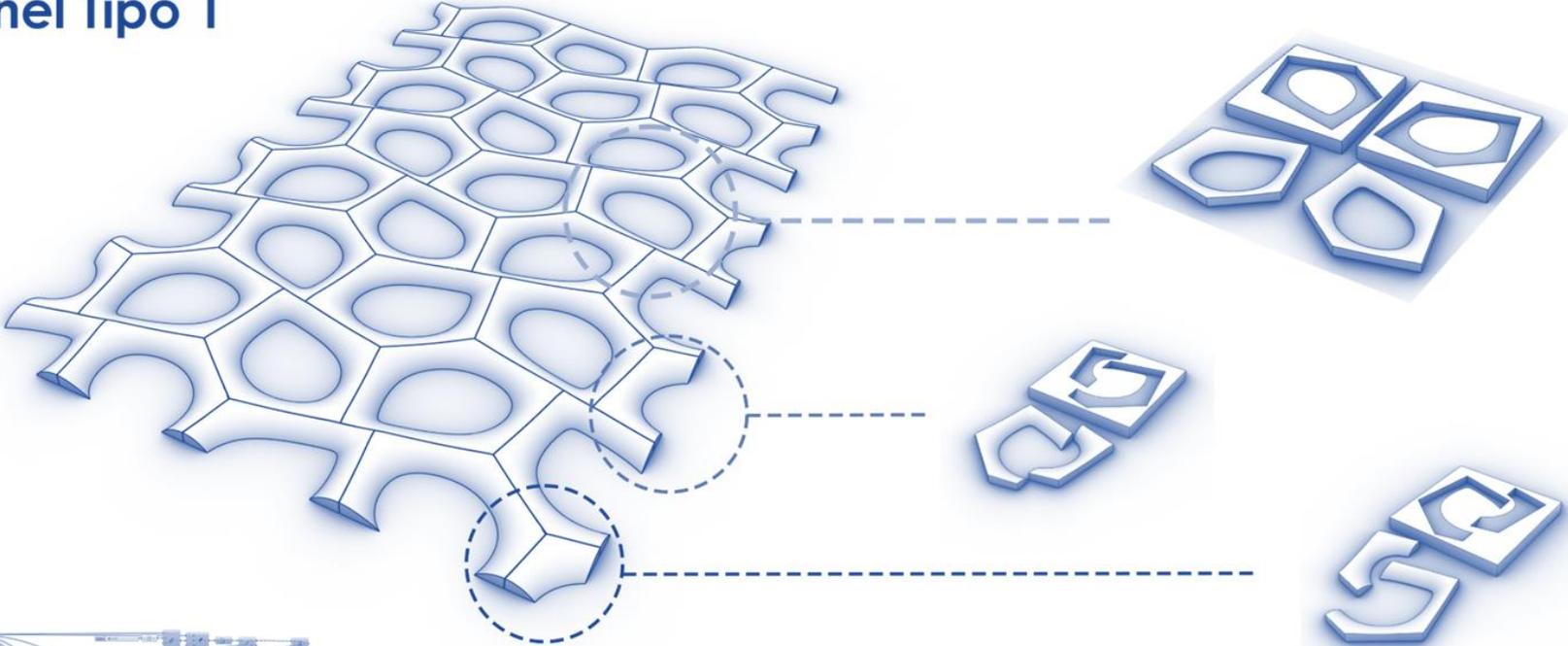




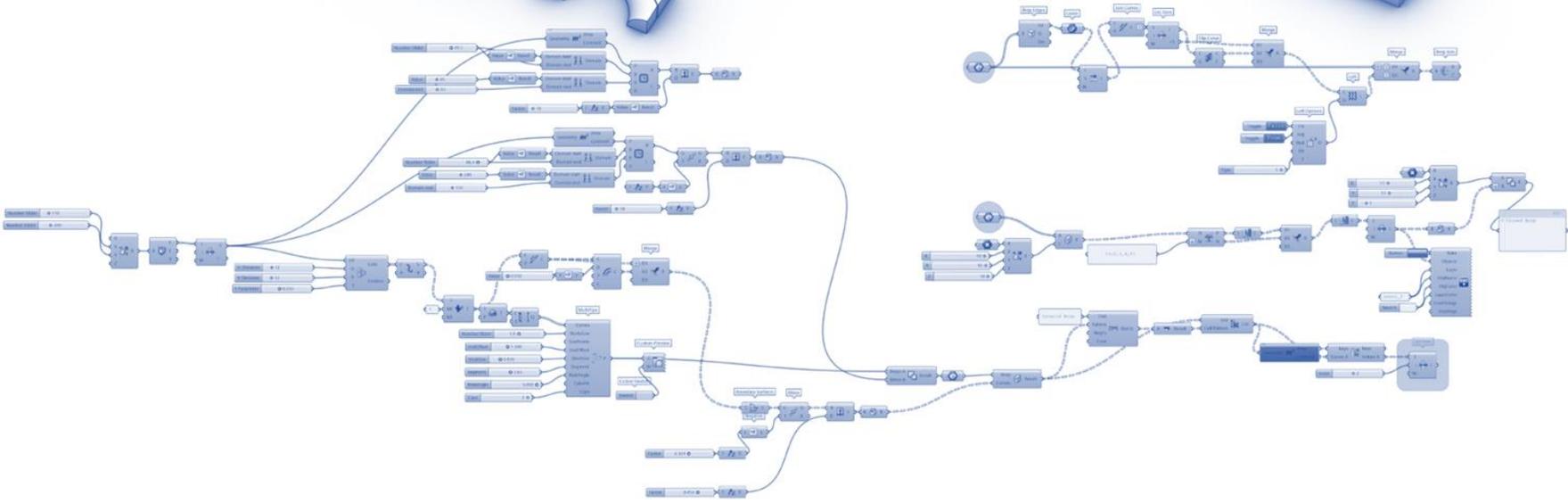
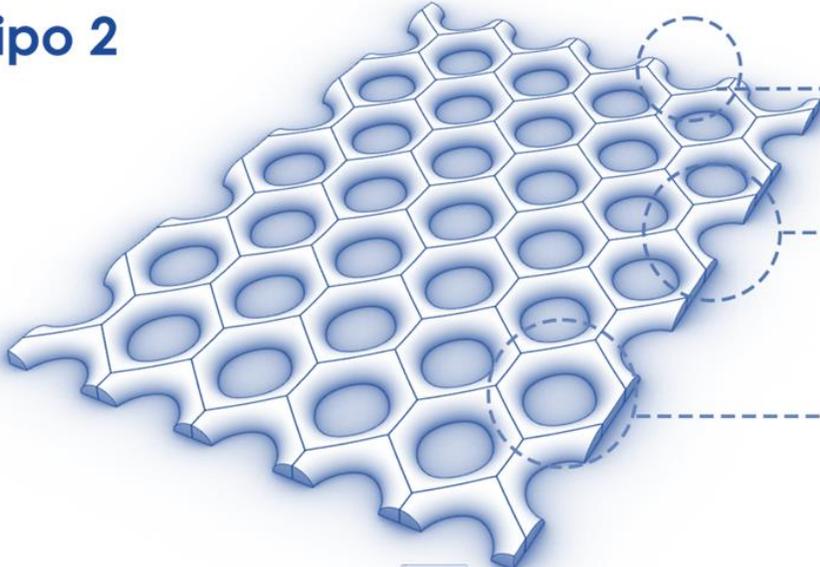




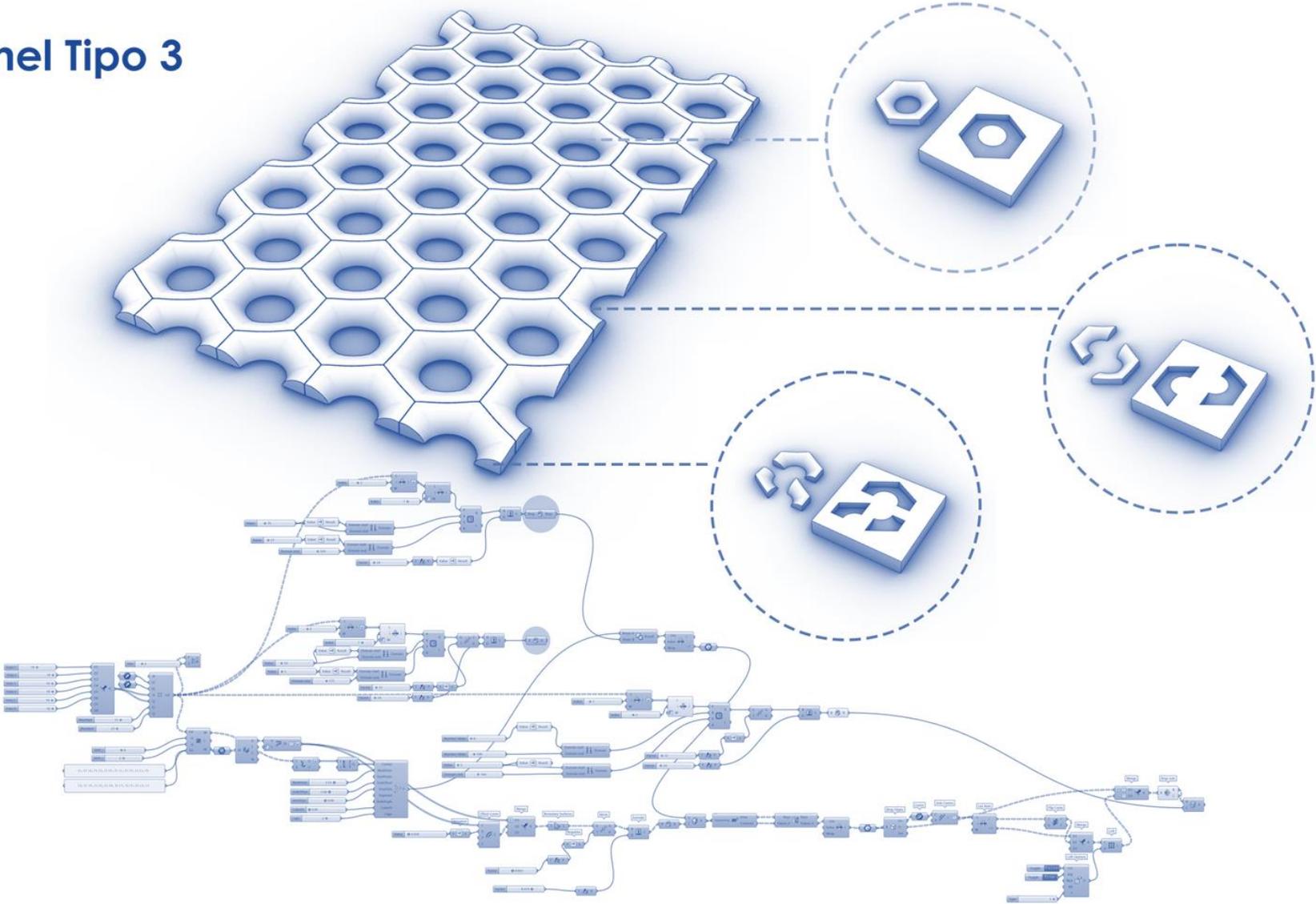
# Panel Tipo 1



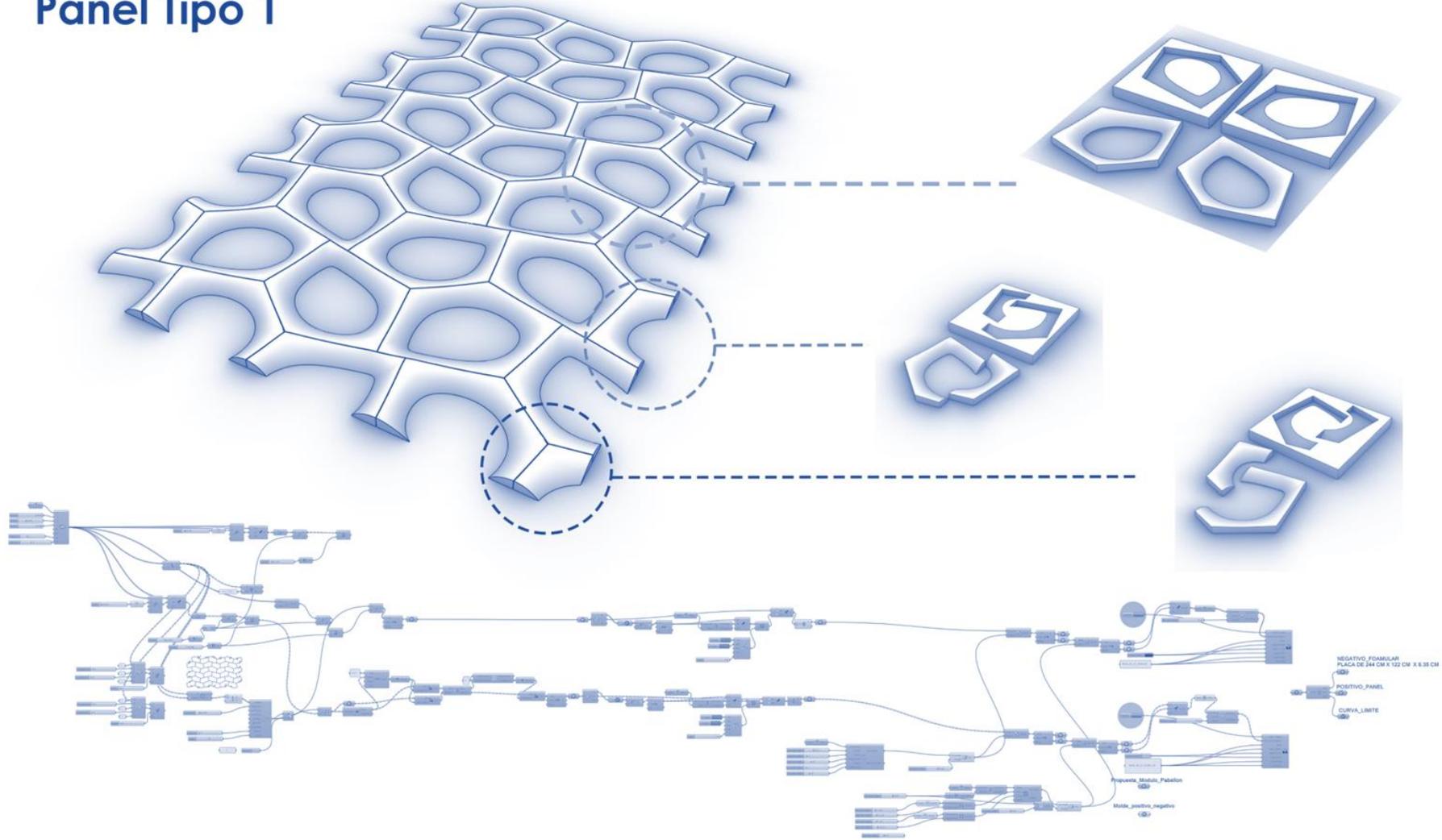
# Panel Tipo 2

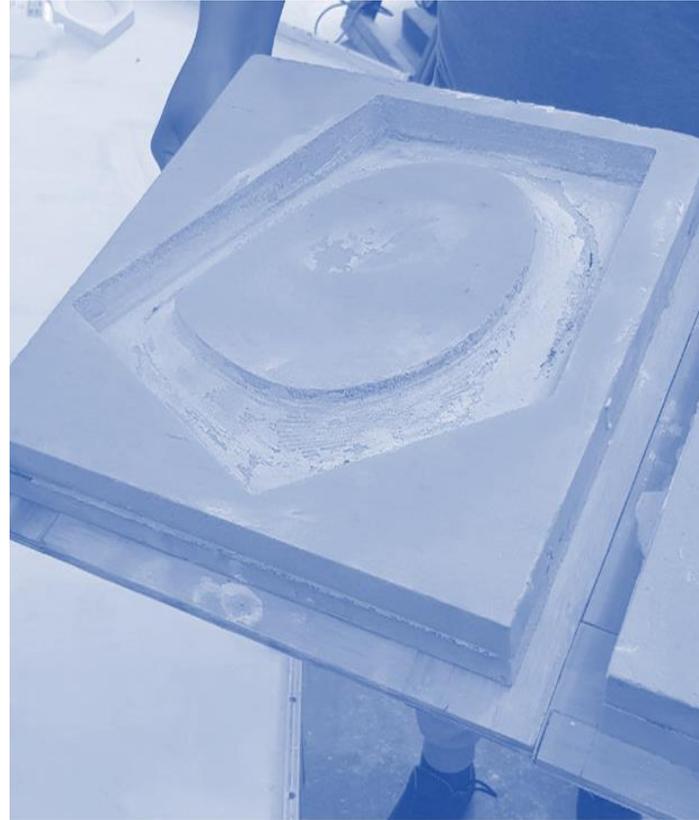


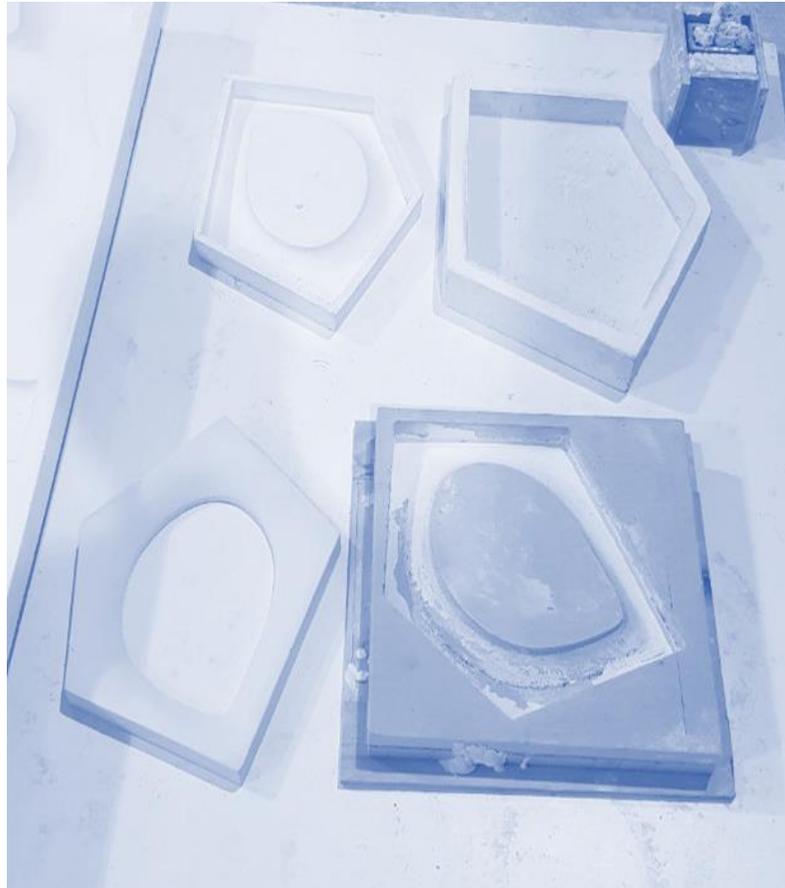
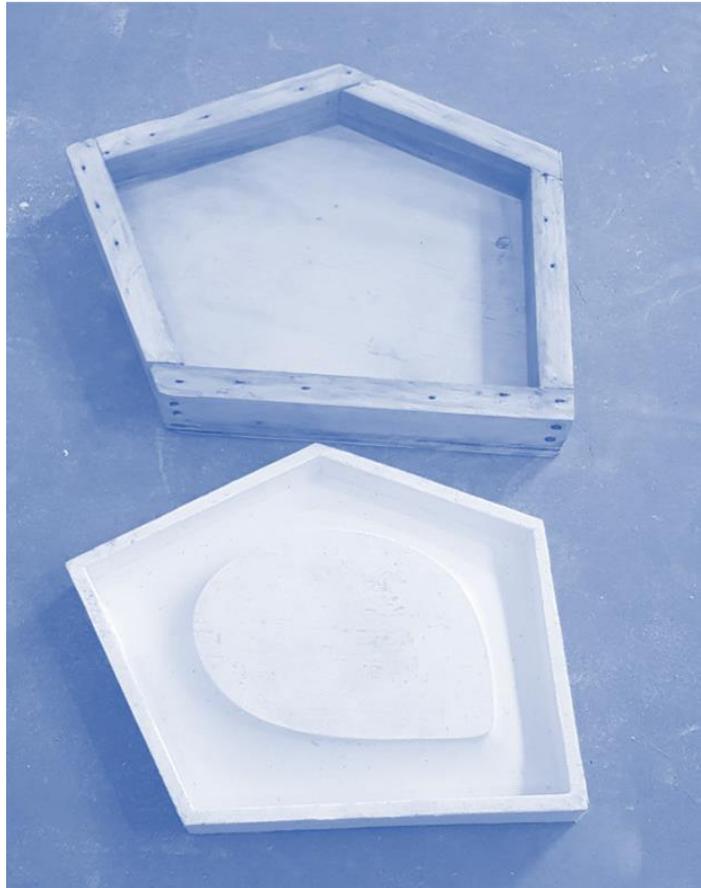
# Panel Tipo 3

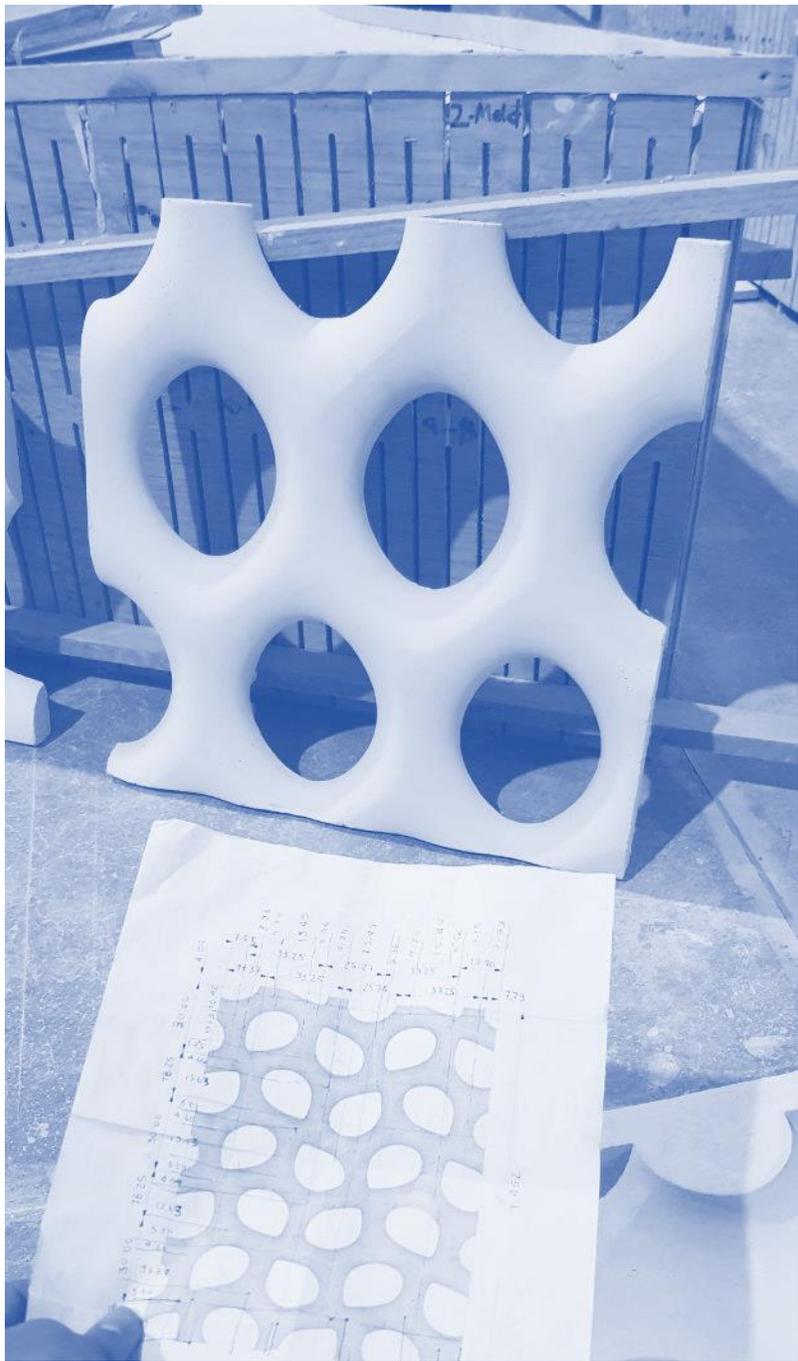


# Panel Tipo 1











**Muchas Gracias**

