



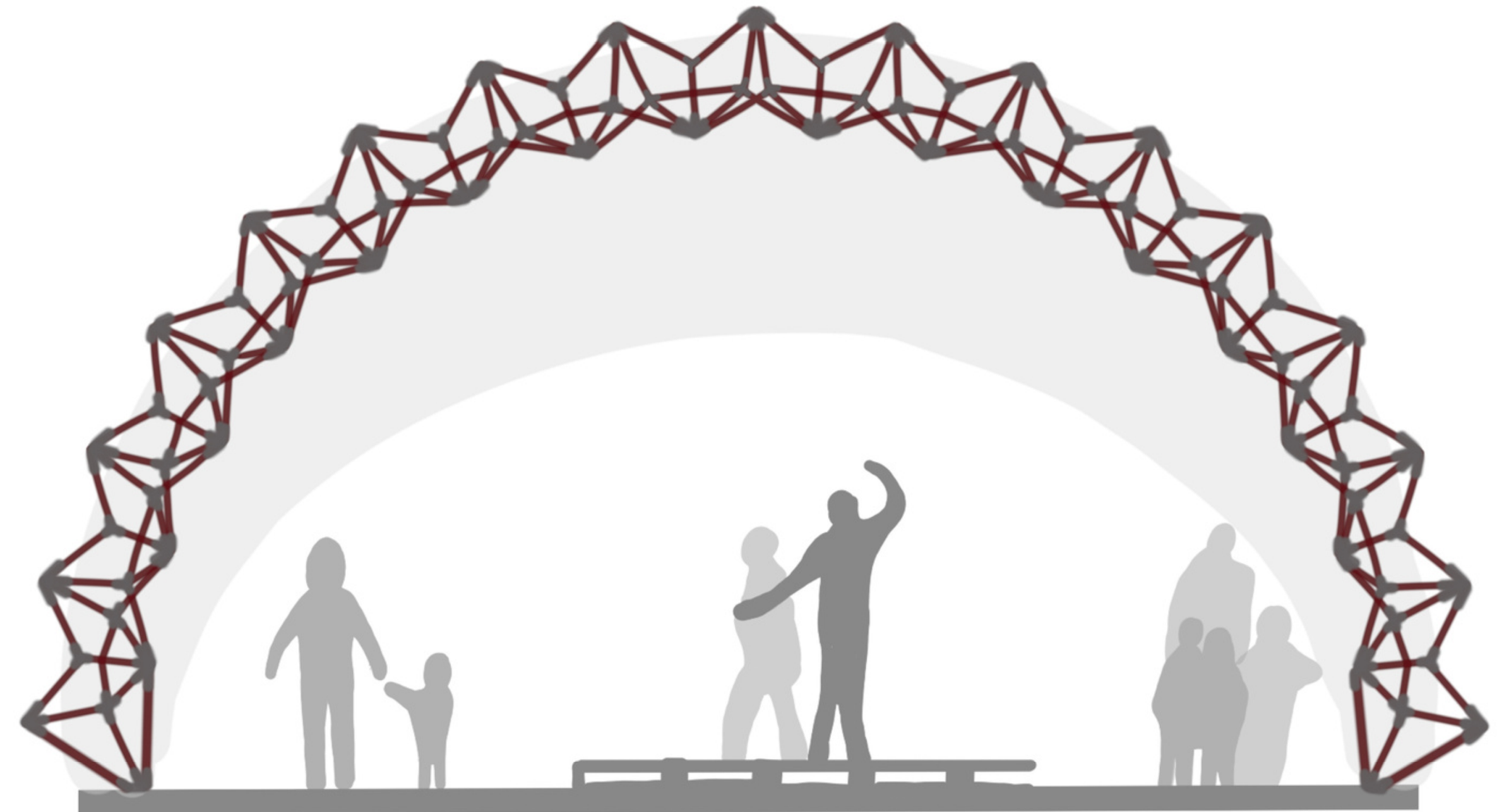
UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

PROYECTO DE TECNOLOGIA

Hilen Camila Bonilla Gomez

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE RETICULADO ESPACIAL EN BAMBÚ CHUSQUEA

APLICACION A ESTRUCTURA MODULAR DE BAJA ESCALA CON
IMPLEMENTACIÓN DE CONEXIONES DE BARRAS ESTANDARIZADAS.



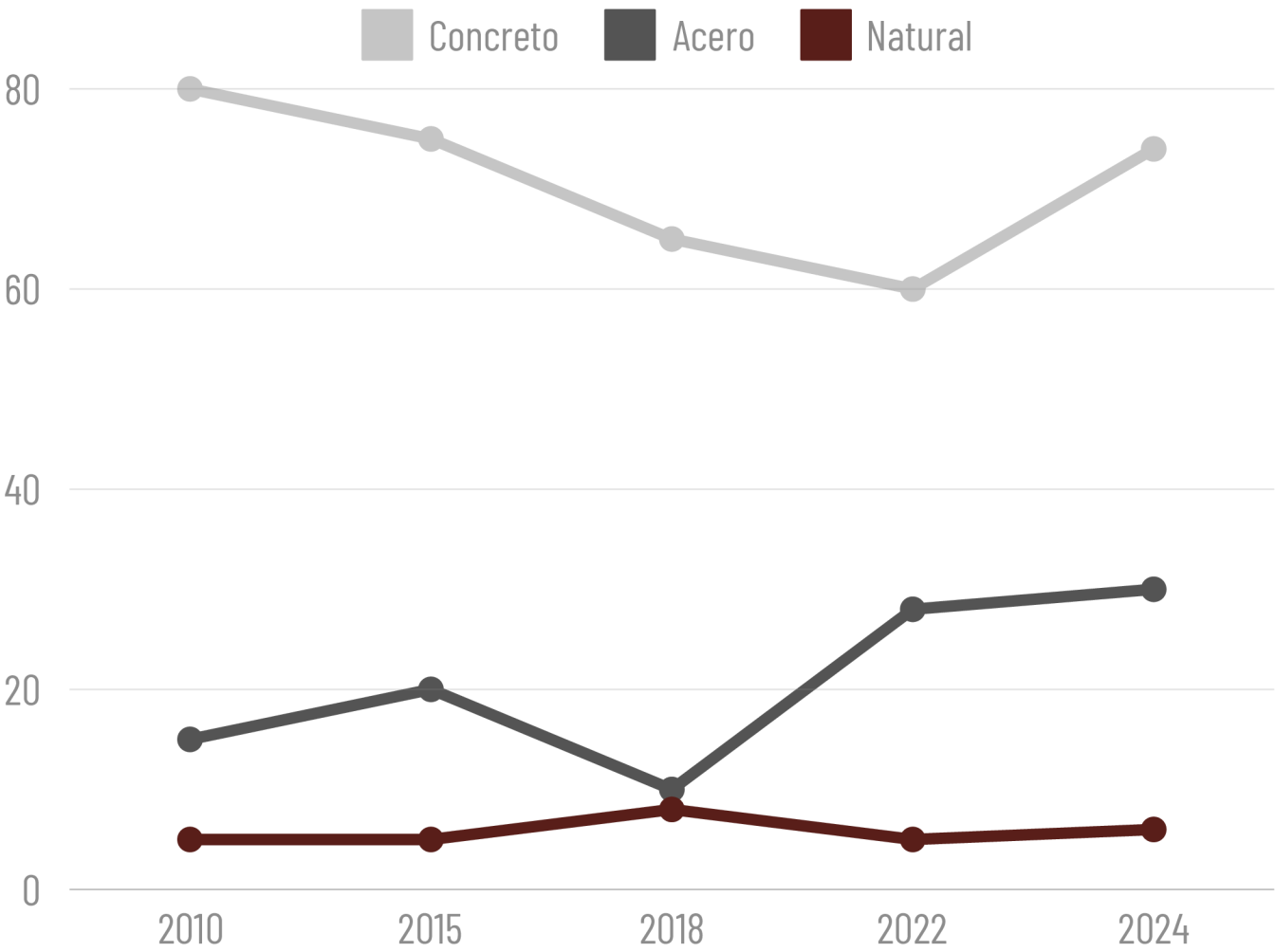
PROBLEMÁTICA

NECESIDAD DE RESOLVER

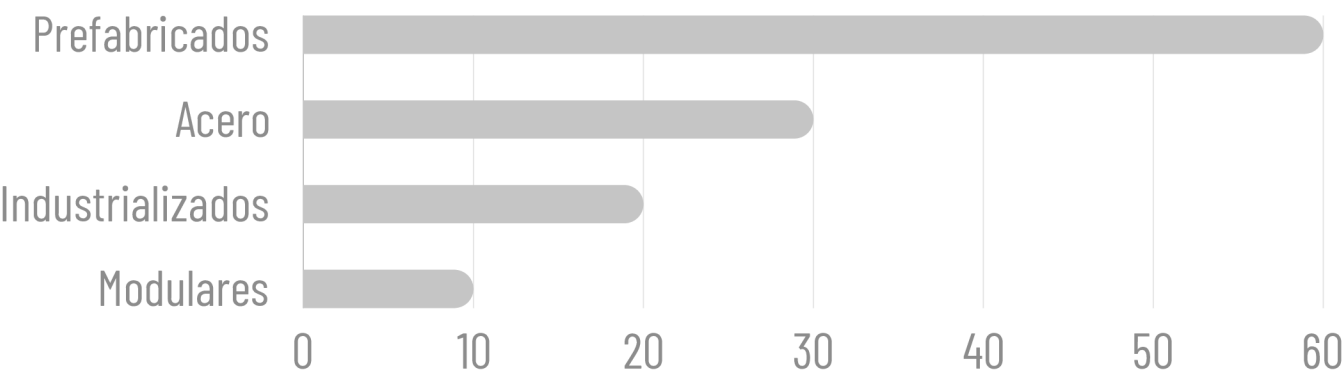
Reticulados espaciales

Los sistemas de barras rectas y nodos articulados podrían representar alternativas eficientes en la generación de espacios culturales y stands, industrializando, aplicando la variedad de materiales naturales al uso de bambu.

¿CÓMO SE PUEDE RESOLVER UNA ESTRUCTURA ITINERANTE DE BAJA ESCALA EMPLEANDO UN SISTEMA MODULAR DE RETICULADOS ESPACIALES BASADO EN LA GEOMETRÍA DEL TETRAEDRO EMPLEANDO BAMBÚ ANDINO?



Estudio de cuantificación de infraestructura
Fuente: Argos - 2024



Sistemas constructivos
Fuente: Argos - 2022

OBJETIVOS

ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Desarrollar un prototipo de estructuras en el sistema reticulado espacial en bambú Chusquea Carrizo con uniones estandarizadas, aplicado a un pabellón itinerante para ferias universitarias.

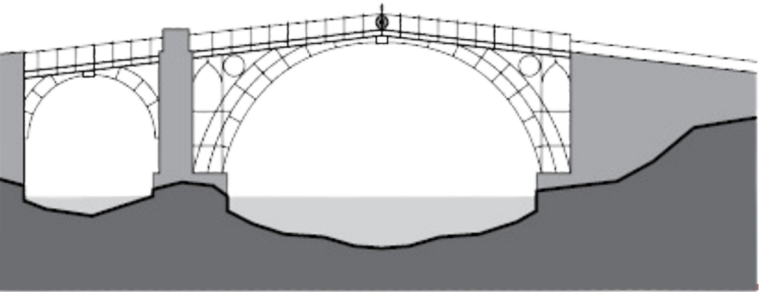
- Establecer el comportamiento** estructural y las formas de agrupación de los elementos de un sistema reticulado espacial derivado de la geometría del tetraedro, para su aplicación en una estructura itinerante en Bambú chusquea.
- Diseñar los elementos del sistema reticulado** espacial enfocado a la solución de uniones articuladas y rígidas para barras fabricadas en Bambú Chusquea, para lograr la fabricación estandarizada en un sistema modular.
- Determinar el proceso de fabricación** y de armado en la construcción modular de un prototipo aplicado a un pabellón de ferias universitarias itinerantes, por medio de la generación de un manual técnico de montaje.

EVOLUCION HISTORICA

MARCO DE LA INVESTIGACION

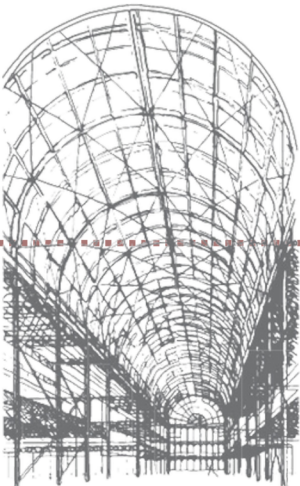
Reticulados espaciales

1570



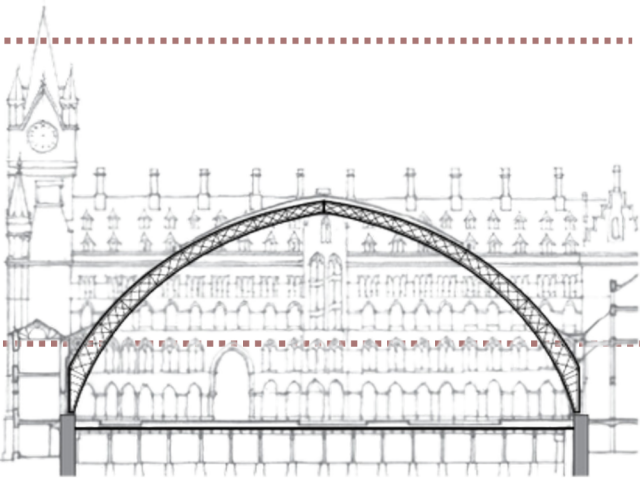
Palladio (1570), quien creó el primer reticulado triangular para aplicarlo a un puente.

1779



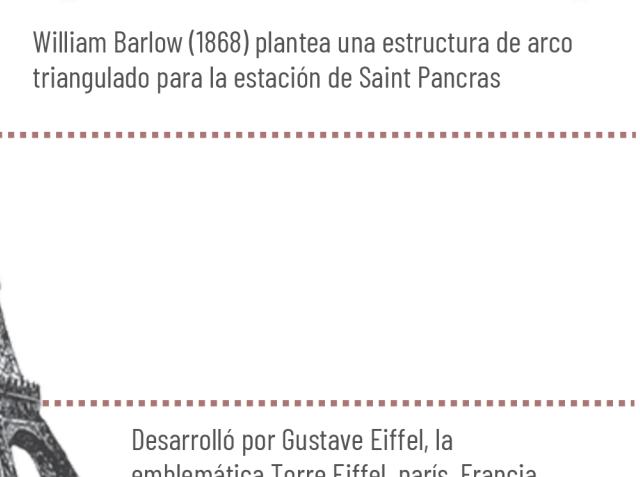
Palacio de Cristal creado por John Paxton en 1851

1851



Berlín. (1863), por J.W. Schwedler, propone una cúpula de 40m de distancia de una sola malla plana

1863



William Barlow (1868) plantea una estructura de arco triangulado para la estación de Saint Pancras

1868



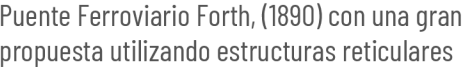
Fabricación de una producción masiva dándolo a un precio asequible esto data en la Edad moderna

1889



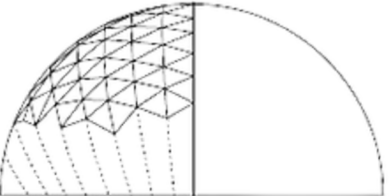
Desarrolló por Gustave Eiffel, la emblemática Torre Eiffel, paris, Francia

1890



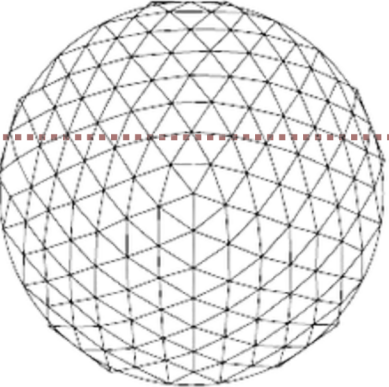
Puente Ferroviario Forth, (1890) con una gran propuesta utilizando estructuras reticulares

1890



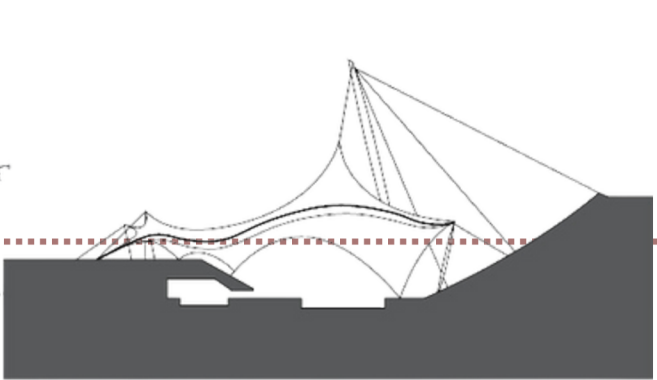
Alexander Graham Bell, experimentó con estructuras tridimensionales

1903



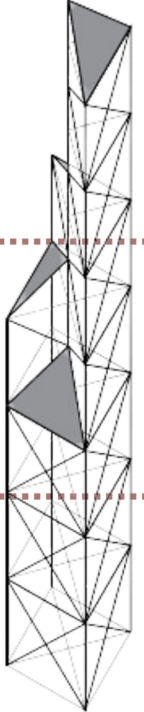
Walter Bauerfeld incorpora la cúpula geodésica en la época contemporánea, en el planetario de Jena, Alemania (1922).

1922



Frei Otto, piscina olímpica, Múnich, Alemania. Los cables de acero se combinan con membranas textiles

1989



Estructuras espaciales para edificios en altura

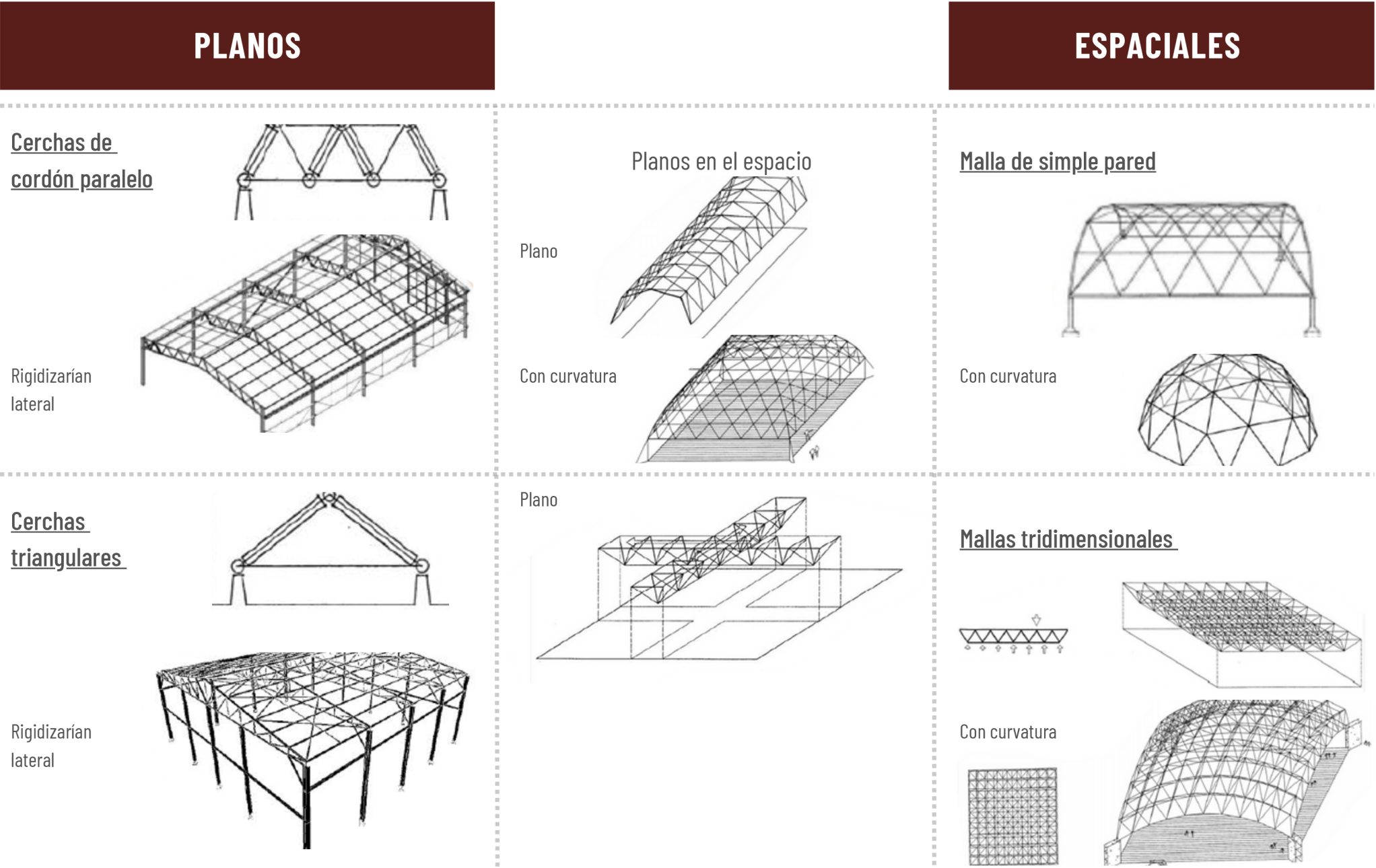
2000



SISTEMAS ESTRUCTURALES

MARCO DE LA INVESTIGACION

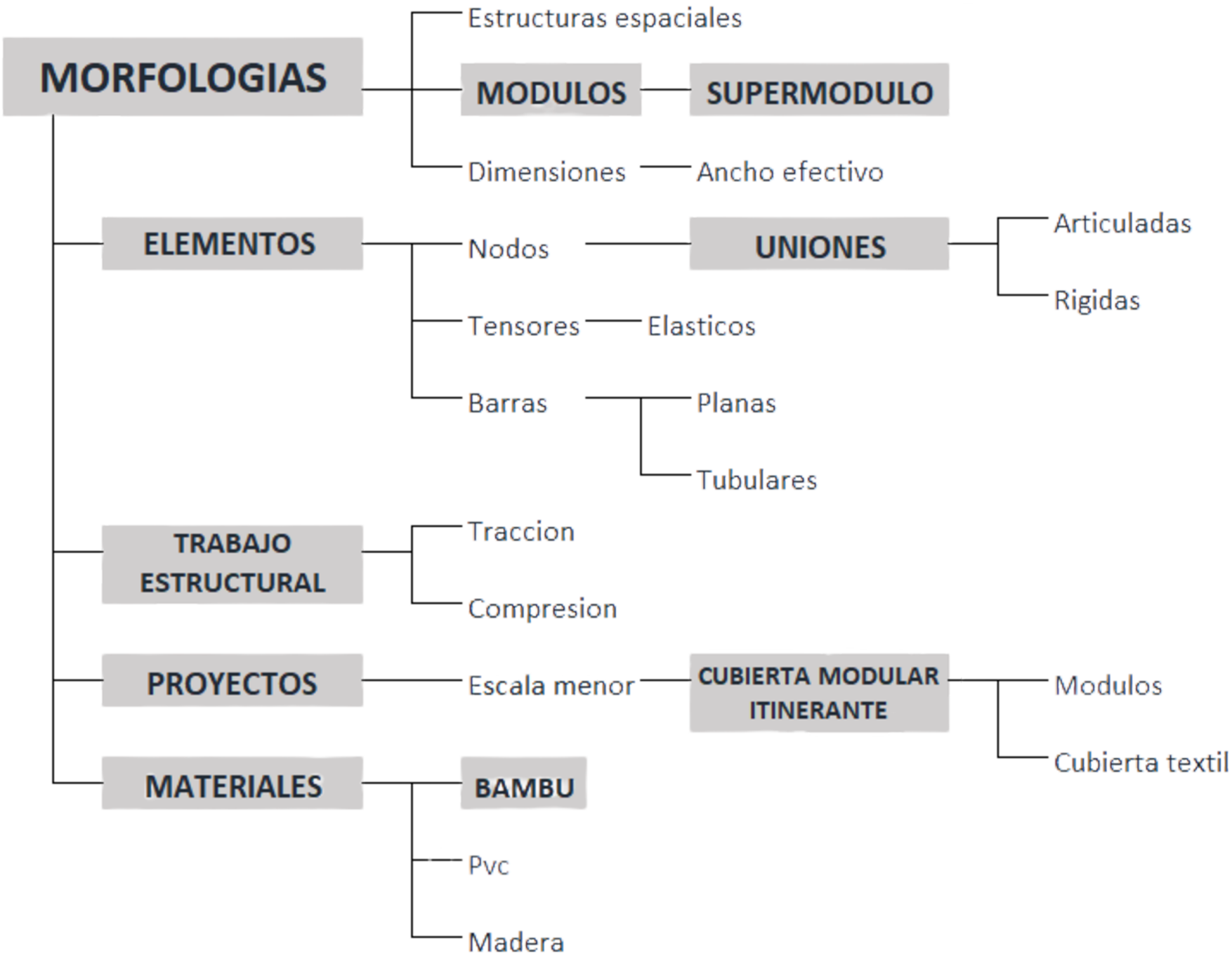
Reticulados espaciales



FUNDAMENTO DE APLICACIÓN

MARCO DE LA INVESTIGACION

Reticulados espaciales



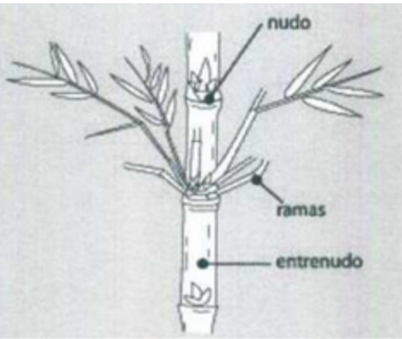
MATERIALIDAD DE BAMBU

MARCO DE LA INVESTIGACION

Reticulados espaciales

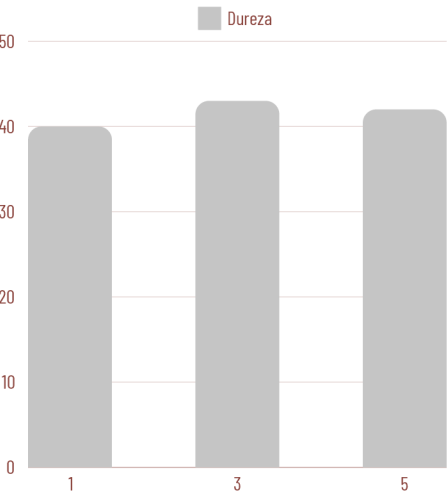
BAMBU CHUSQUEA CARRIZOS

Morfología de una planta de bambú. Modificado de Teresa Mejía-Saulés.

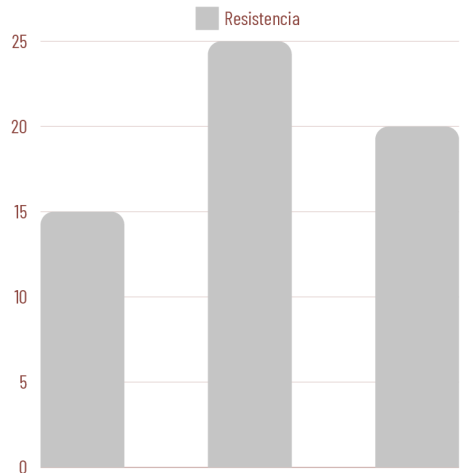


Tallo o culmo

Culmos de más de 3 años de edad tienen mayor resistencia física y mecánica, Los culmos de 1 año de edad tienen menor densidad y resistencia a la compresión. Tienen mayor diámetro (5.1 cm) que en el sitio más seco. Las propiedades del bambú varían según el sitio de crecimiento.



Valores de dureza



Resistencia a la compresión

VARIABLE	JARDÍN BOTÁNICO
Contenido de humedad (%)	4.19
Diametro (cm)	1.8
Dureza (Shore)	2.85
Densidad (g/cm3)	0.08
Resistencia ala compresión (Mpa)	6.04
Lignina acida (%)	3.5

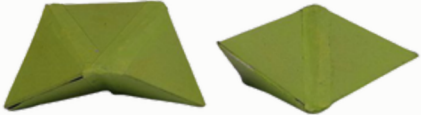
MORFOLOGIA GEOMÉTRICA

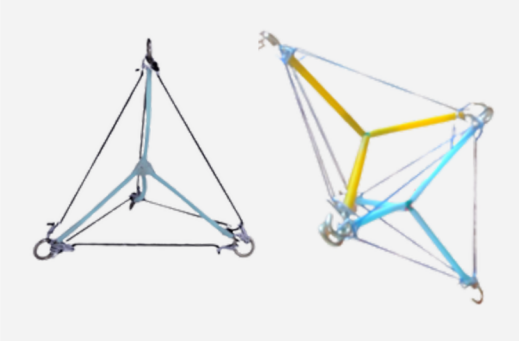
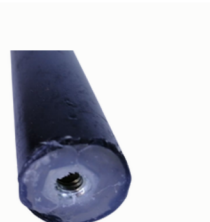
PROPUESTA DE LA INVESTIGACION

Reticulados espaciales

El fundamento de diseño tridimensional es la primera fase de la interpretación geométrica del nuestro prototipo, ya que se encuentra un lenguaje visible siendo un pensamiento sistemático del espacio.

Los elementos conceptuales no son visibles a la determinación principal, como se puede ver la agrupación de líneas que forma el tetraedro, los elementos visuales son esas configuraciones de líneas que forma un triángulo bidimensional.

FASE	MAQUETA	ESPECIFICACIONES
ARCO DE MEDIO PUNTO EN TETRAEDROS		MÓDULO  Se componen por elementos pequeños, en su interior crean un trípode SUPERMÓDULO  Agrupación de tres módulos que genera una mayor forma, en repetición de diferentes direcciones
ESTRUCTURA DE TRES SEMI ARCOS TETRAEDROS		 Desarrollo de la incorporación tres semi arcos

DESARROLLO DE MÓDULO TRÍPODE		 UNIÓN RÍGIDA DESARROLLO DE LA UNIÓN DE VARIOS MÓDULOS EN MAQUETA • Uso de armellas para uniones articulas que permitan grado de libertad • Incorporación de tensores con hilo caucho • Acoplamiento de tensores por medio de ganchos metálicos • La unión rígida se desarrolla por medio de alambres que tiene el ángulo del trípode para insertar la barras • Se rigidización se hace por medio de silicona en la unión
ARCO - UNIÓN DE MÓDULOS TRÍPODE		
DESARROLLO DE UNIONES TRÍPODE	 Prototipo de la unión articulada con la implementación de armellas en un tubo tubular, en un enroscamiento de un tapón en resina  Desarrollo de la barra por dentro, donde se genera las tuerca, para la fijación de la esfera como unión rígida  Prototipado de la unión rígida sobre el diseño de un elemento esférico que sobresale un tornillo de rosca para el acoplamiento de las barras	

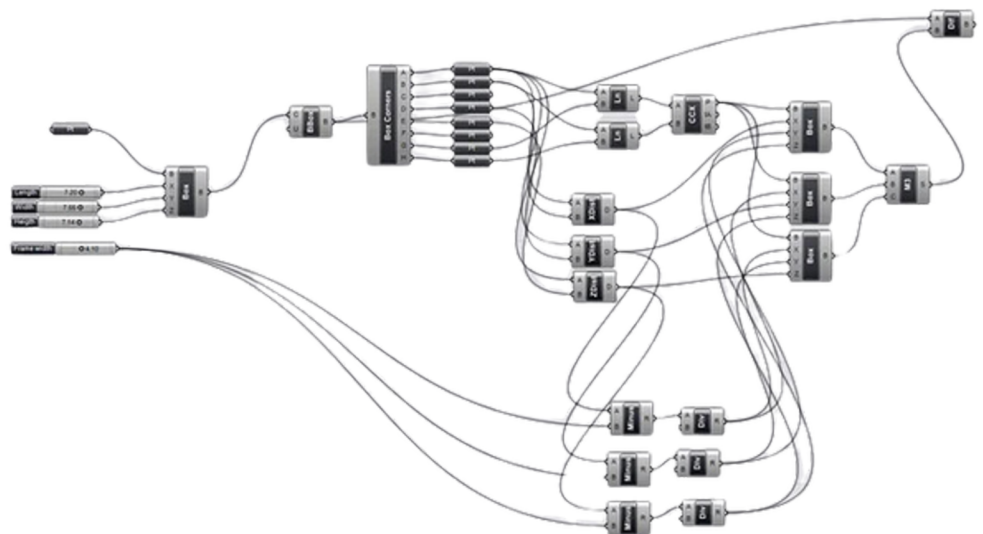
MODELACIONES DE SOFTWARE

MODELO SOFTWARE RHINOCEROS

Reticulados espaciales

Utiliza software de modelado 3D y herramientas de parametrización, para planificar las estructuras modulares antes de la construcción. Esto reduce errores y optimiza los recursos disponibles.

Considera la experiencia visual y funcional de los usuarios dentro de la carpa. ¿Cómo se sentirán al interactuar con los módulos?

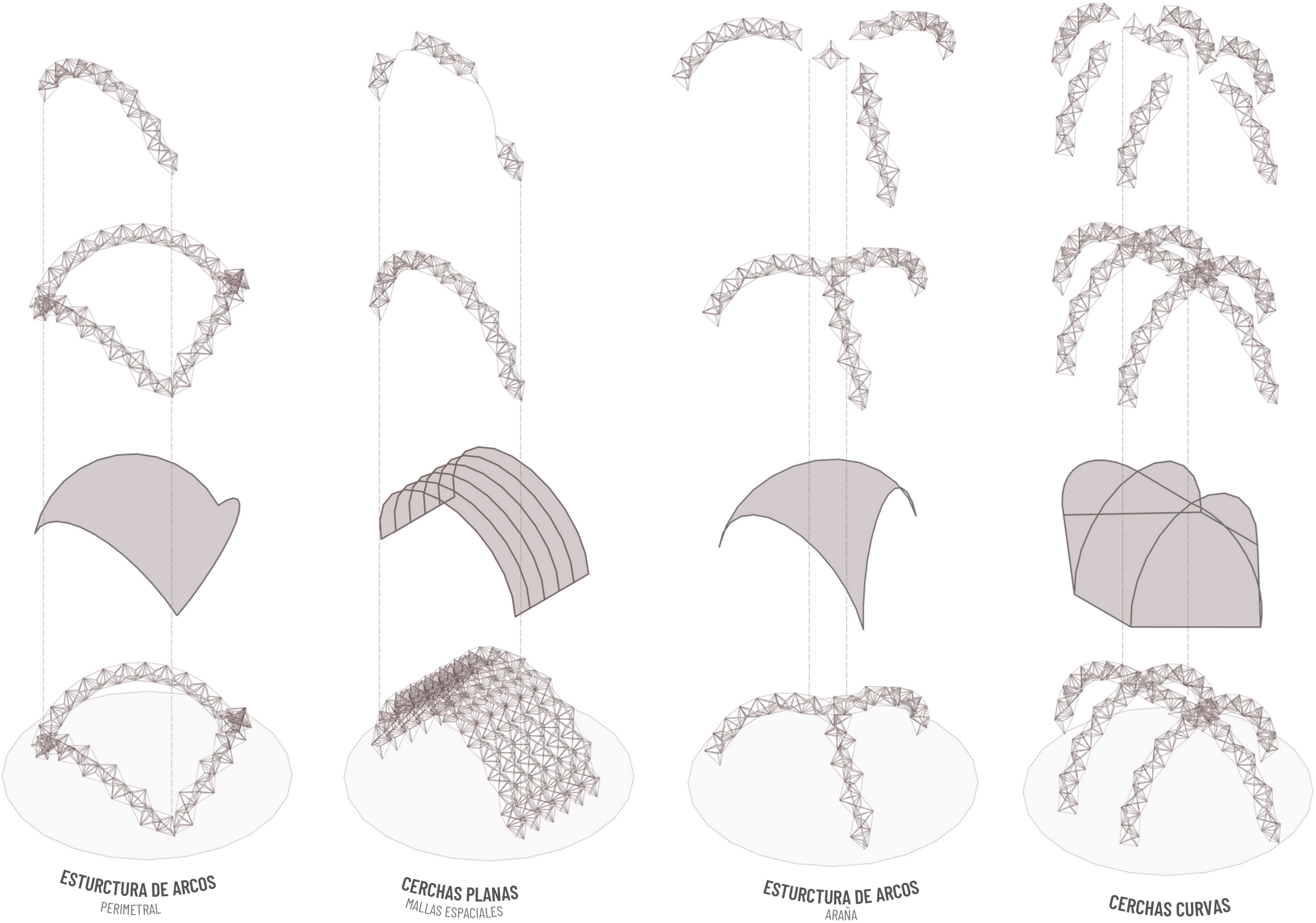


GEOMETRIA

ESTRUCTURA

SUPERFICIE

SISTEMA



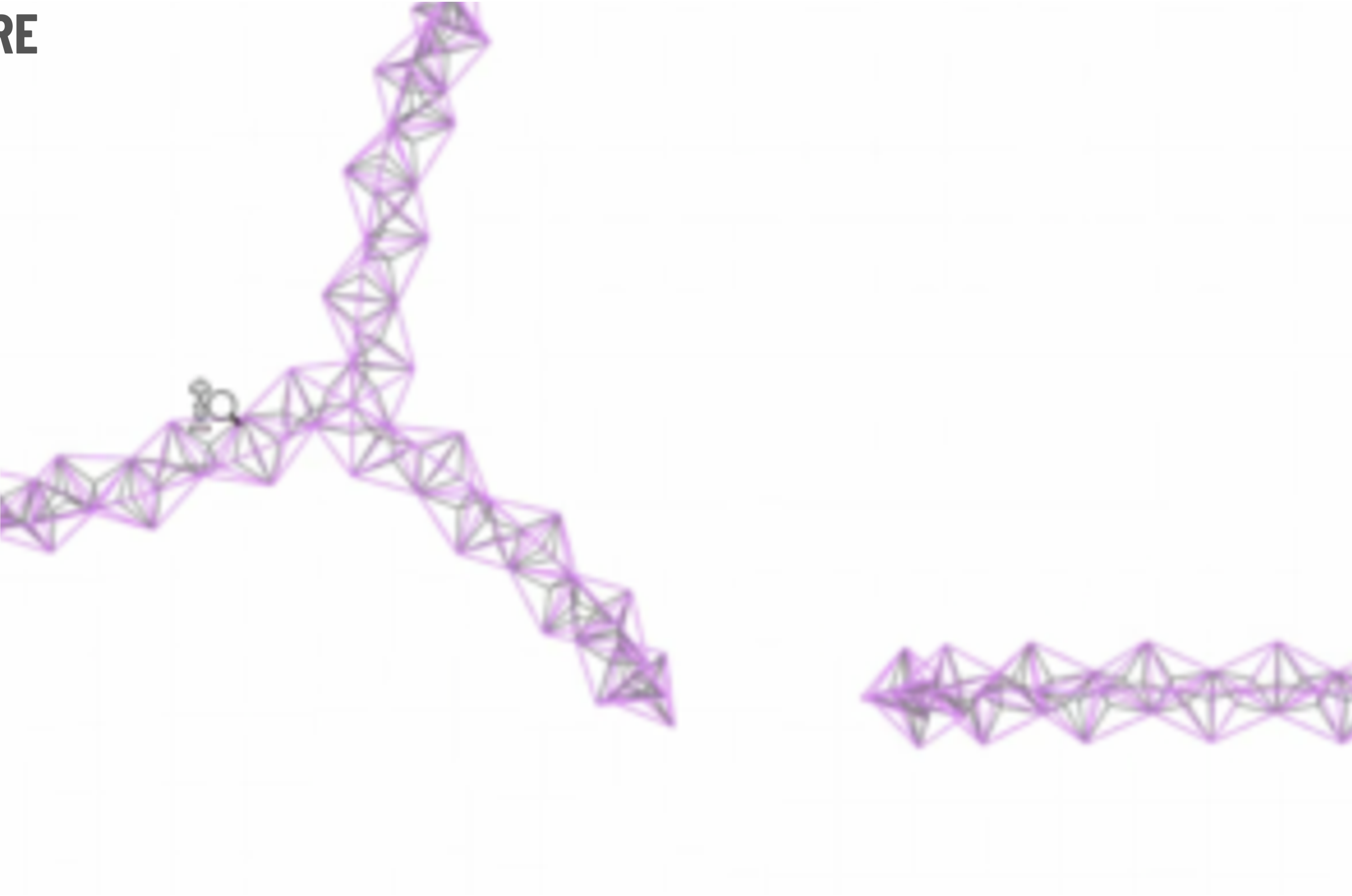
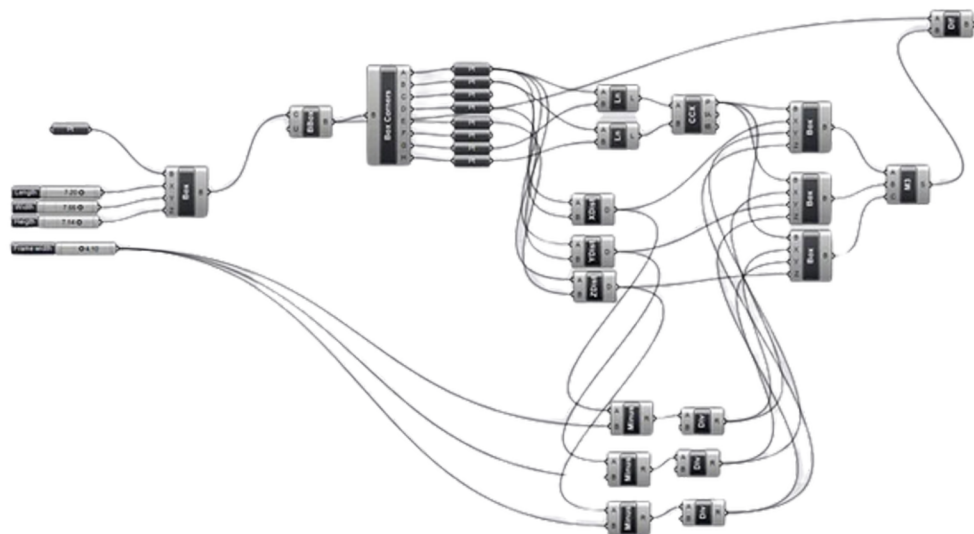
MODELACIONES DE SOFTWARE

MODELO SOFTWARE RHINOCEROS

Reticulados espaciales

Utiliza software de modelado 3D y herramientas de parametrización, para planificar las estructuras modulares antes de la construcción. Esto reduce errores y optimiza los recursos disponibles.

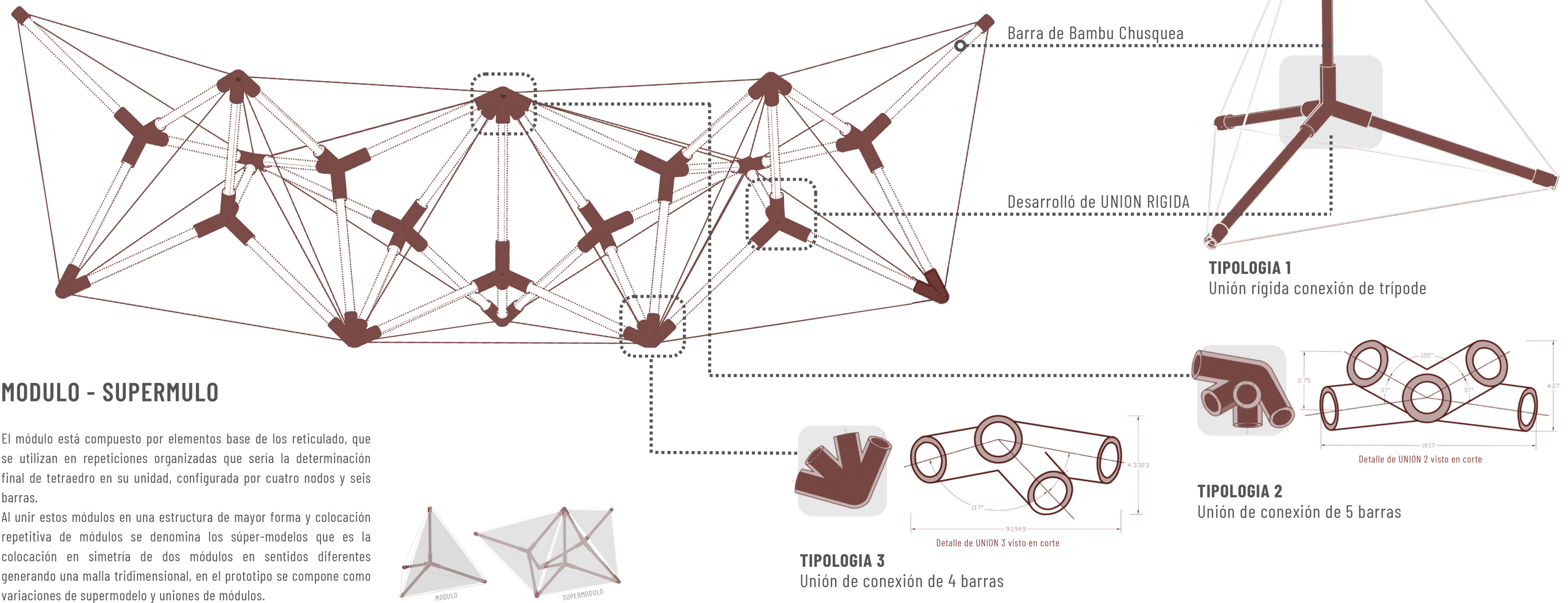
Considera la experiencia visual y funcional de los usuarios dentro de la carpa. ¿Cómo se sentirán al interactuar con los módulos?



DETALLES DE LAS UNIONES

PROPUESTA DE LA INVESTIGACION

Reticulados espaciales



MODULO - SUPERMULO

El módulo está compuesto por elementos base de los reticulado, que se utilizan en repeticiones organizadas que sería la determinación final de tetraedro en su unidad, configurada por cuatro nodos y seis barras.

Al unir estos módulos en una estructura de mayor forma y colocación repetitiva de módulos se denomina los súper-modelos que es la colocación en simetría de dos módulos en sentidos diferentes generando una malla tridimensional, en el prototipo se compone como variaciones de supermodelo y uniones de módulos.

ESTANDARIZACIÓN DE LAS UNIONES

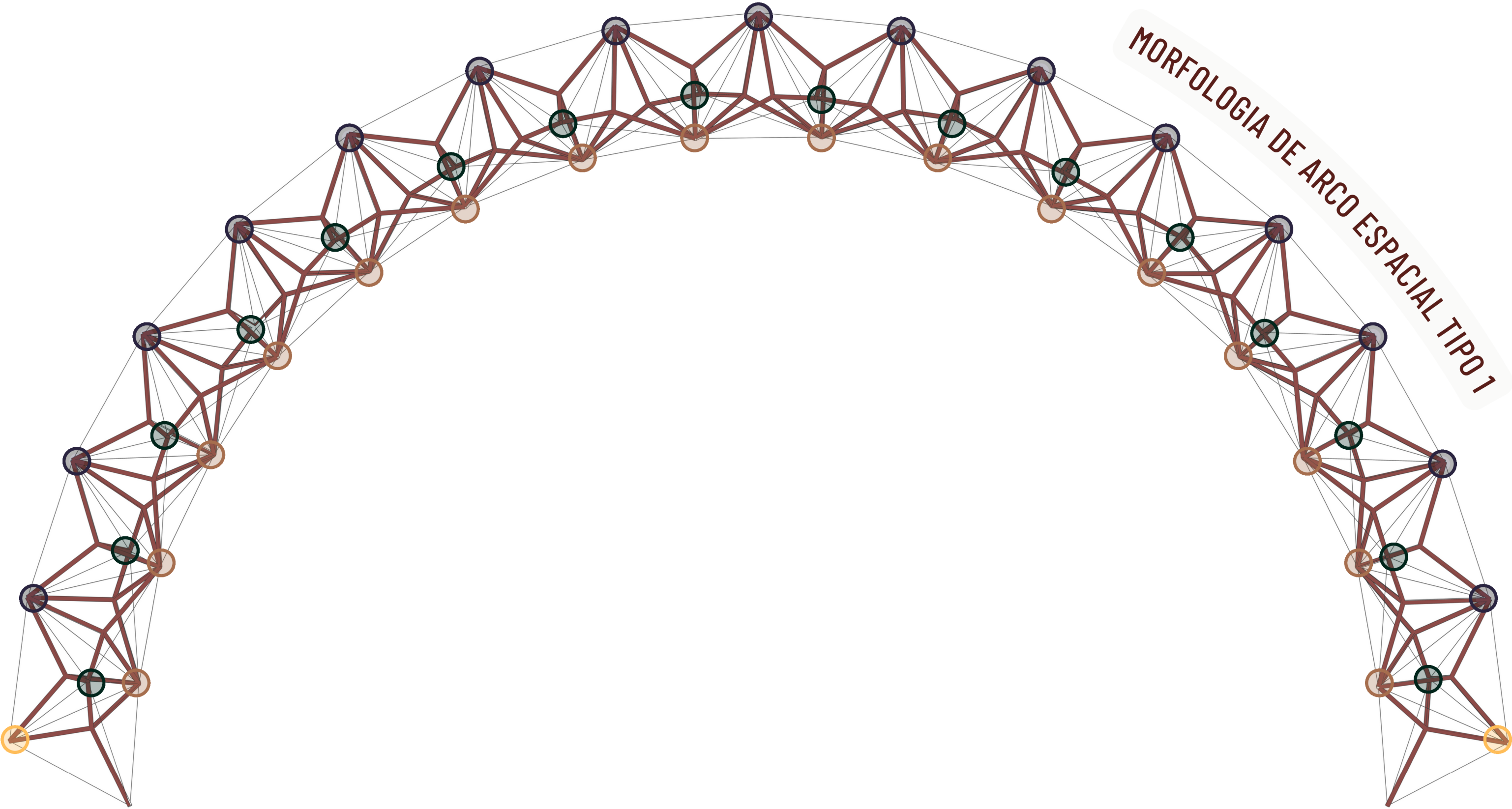
PROPUESTA DE LA INVESTIGACION

Reticulados espaciales

DESARROLLO DE UNIONES

CANTIDAD DE NODOS SEGUN TIPOLOGIAS

ELEMENTOS	CARACTERÍSTICA	CANTIDAD
BARRAS	Diagonales	216
NODOS	Nodos trípode	72
	Nodo 2 	2
	Nodo 3 	16
	Nodo 4 	17
	Nodo 5 	14

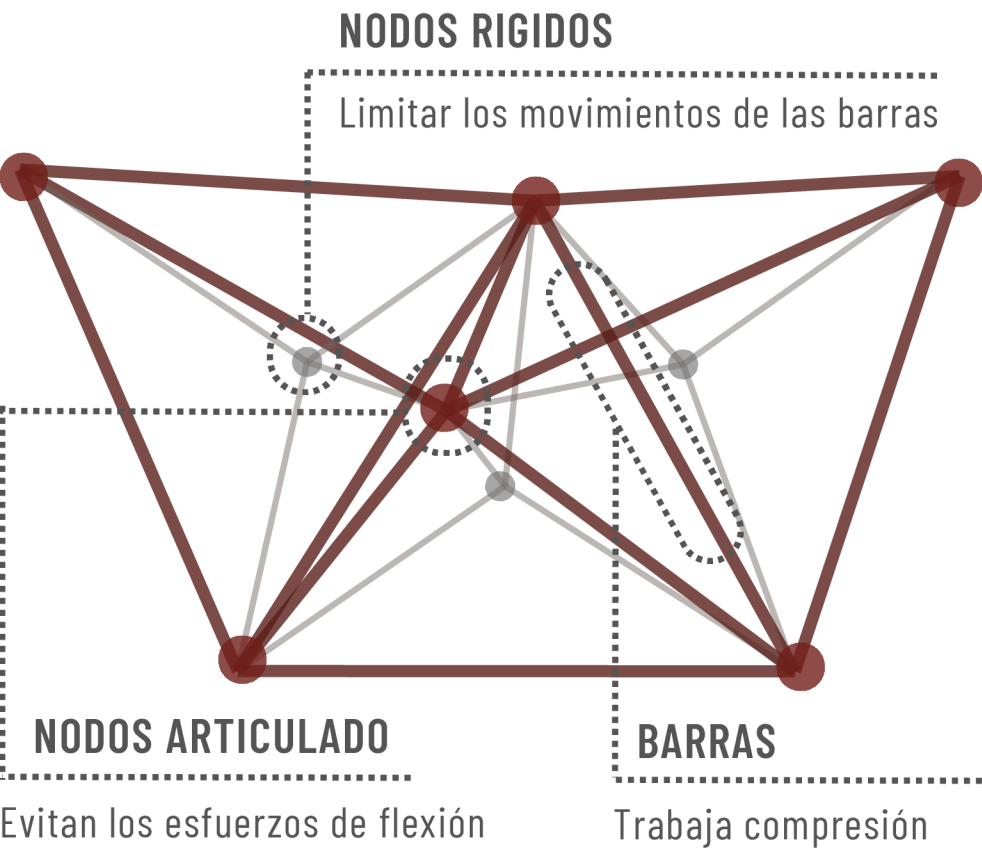


COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

MARCO DE LA INVESTIGACION

Reticulados espaciales

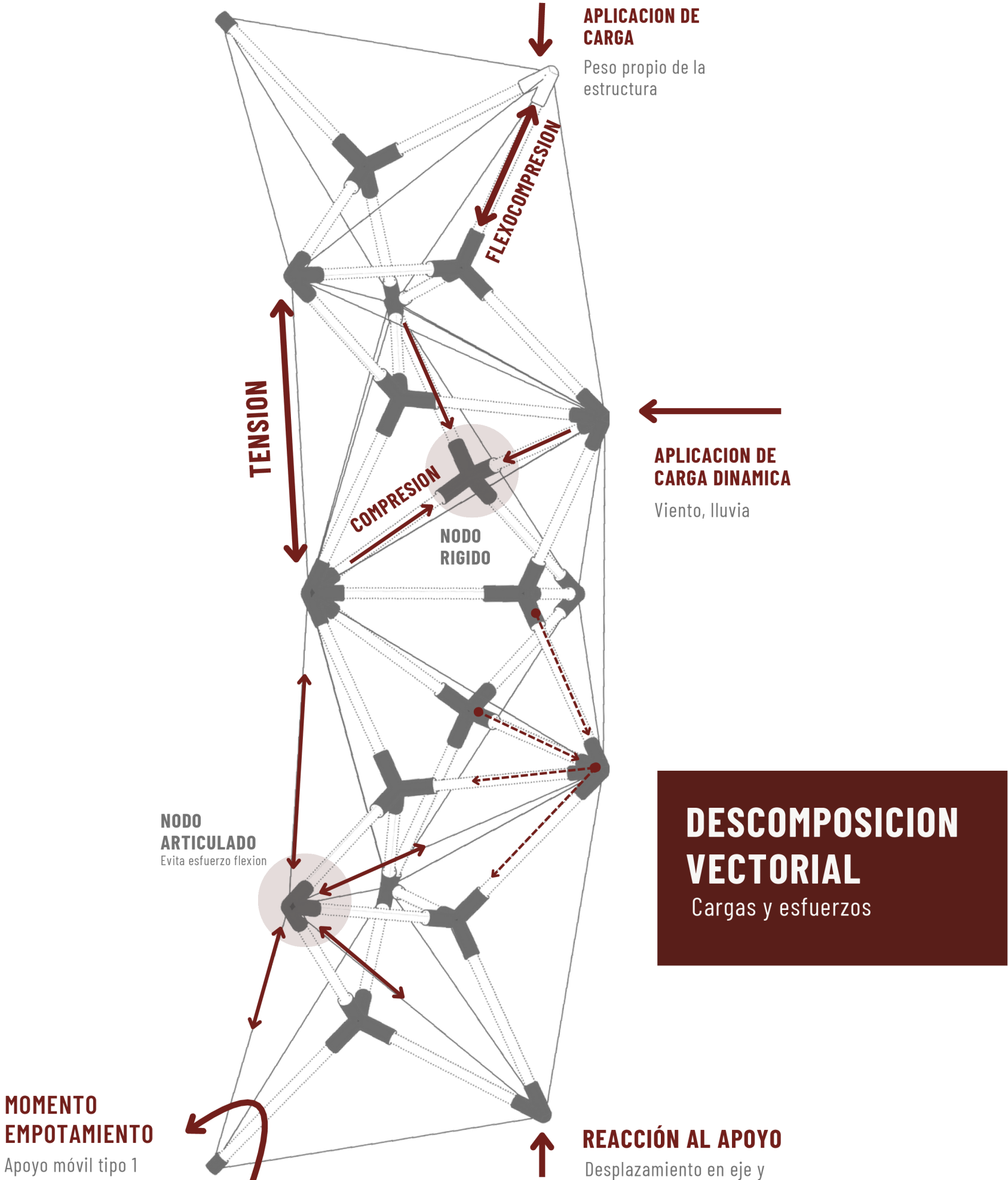
Una barra es un elemento lineal con capacidad estructural. Los elementos que componen a los reticulados espaciales son barras interconectadas. Las uniones entre las barras son nodos, articulaciones que poseen tres grados de libertad y permiten los movimientos de traslación en los ejes X, Y, Z del espacio tridimensional.



ESTRUCTURAS HIPERESTATICAS

Elementos actúan en conjunto para resistir acciones concentradas

FUERZA	ESFUERZO	DEFORMACION
Convergente	Compresión	Acortamiento Pandeo
Divergente	Tracción	Alargamiento Adelgazamiento
Un solo sentido	Flexion	Deflexión
Sentido opuesto	Cortante	Cizallamiento Torcedura



COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

SIMULACION SOFTWARE ROBOT

Reticulados espaciales

CONDICIONES DE CARGA

CONDICIONES DE CARGA

ELEMENTOS	ESFUERZO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
BARRAS	Compresión	12	Estas barras soportan fuerzas de compresión, estabilizando la estructura y sosteniendo cargas.
	Tensión	15	Estas barras resisten fuerzas de tensión, manteniendo la integridad estructural bajo fuerzas de tracción.
NODOS	Cortante	6	Nodos sometidos a fuerzas cortantes, cruciales para mantener las conexiones entre las barras bajo diversas condiciones de carga.
	Flexion	9	Nodos que experimentan fuerzas de flexión, asegurando estabilidad cuando la estructura enfrenta cargas de flexión o curvatura.

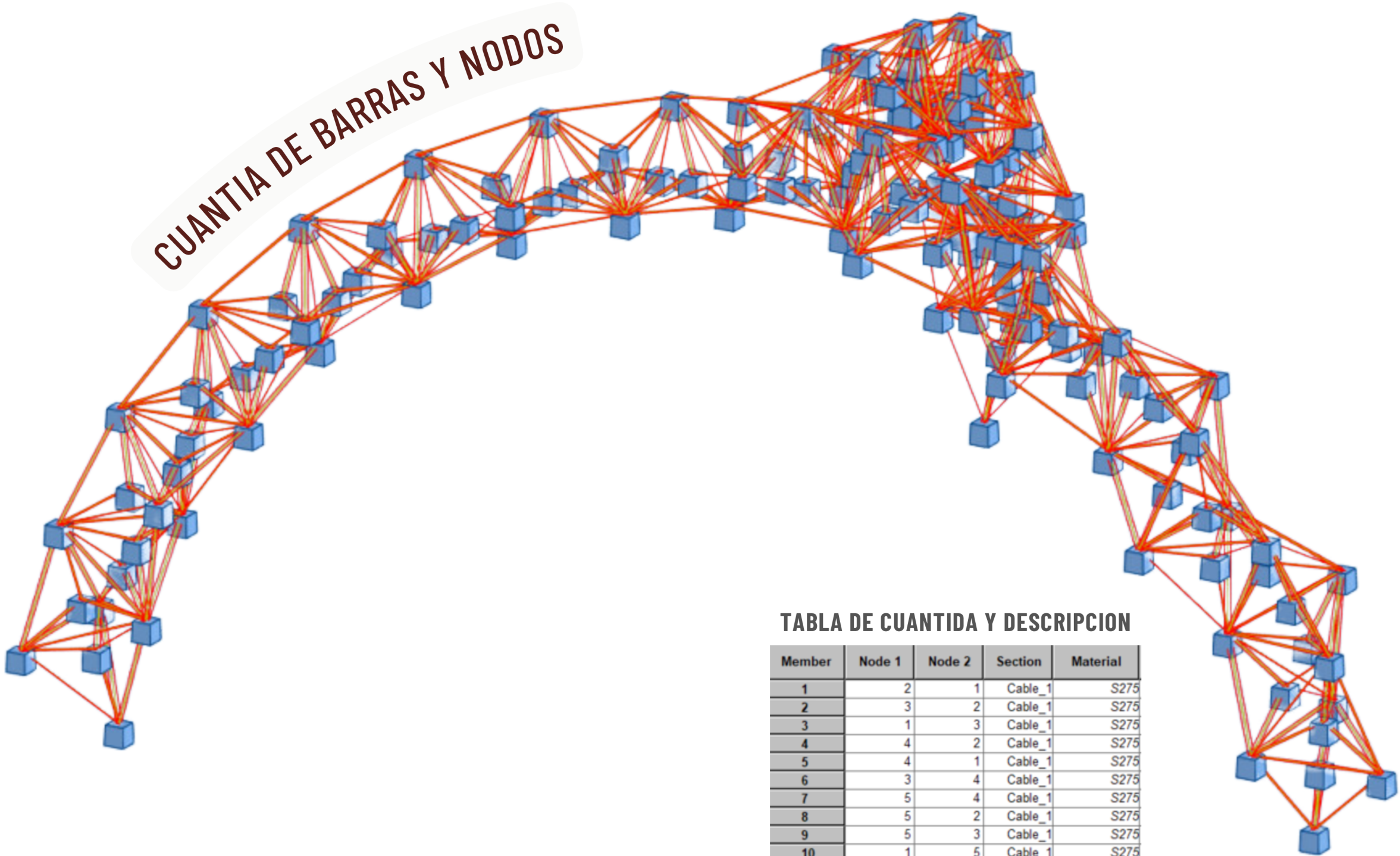


TABLA DE CUANTIA Y DESCRIPCION

Member	Node 1	Node 2	Section	Material
1	2	1	Cable_1	S275
2	3	2	Cable_1	S275
3	1	3	Cable_1	S275
4	4	2	Cable_1	S275
5	4	1	Cable_1	S275
6	3	4	Cable_1	S275
7	5	4	Cable_1	S275
8	5	2	Cable_1	S275
9	5	3	Cable_1	S275
10	1	5	Cable_1	S275
11	7	6	Cable_1	S275
12	8	7	Cable_1	S275

CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN

FASES

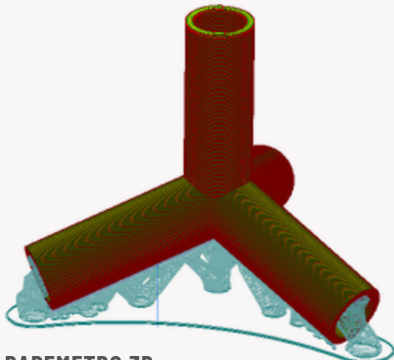
MODELADO Y BOCETO

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

UNIÓN EN IMPRESIÓN 3D

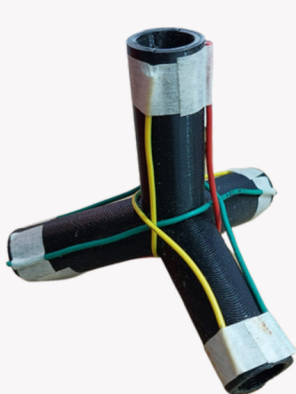


MODELADO
software Rhinoceros



PAREMETRO 3D
software Cura

UNIÓN EN VARILLA METÁLICA

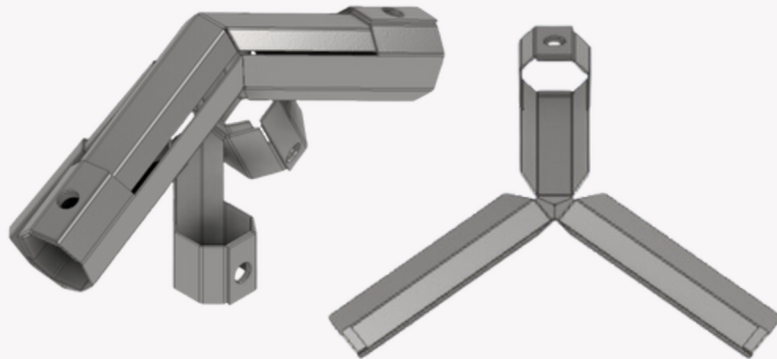


PROTOTIPO
Maqueta física



MODELADO 3D
software Inventor

UNIÓN EN LAMINA FERROSA



PLANTILLA 3D DE LA LAMINA
software Inventor

PROCESO

FABRICACIÓN DE UNIONES



Impresora 3D Creality
Universidad UGC

Estos diseños se centraron en aspectos clave como la resistencia mecánica, la facilidad de ensamblaje y la estética, todos críticos para aplicaciones en estructuras temporales.



Soldador TIG
Taller personal

Estos diseños se centraron en aspectos clave como la resistencia mecánica, la facilidad de ensamblaje y la estética, todos críticos para aplicaciones en estructuras temporales.



MODELADO 3D soldadura
software Inventor



CORTE LASER
Maquinaria CNC

Plantilla unión lamina industrializada

PROTOTIPO

PROPUESTA DE UNIONES



Union
tripode



Union
5 barras

MATERIALIDAD
Unión de filamento con barra de Bambu



Union
tripode

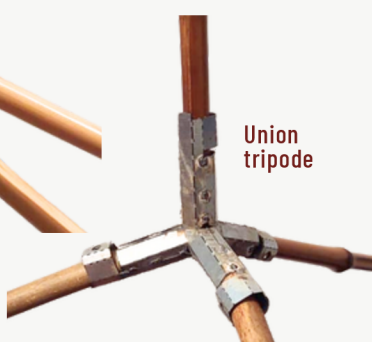


Union
5 barras

MATERIALIDAD
Unión de varilla metálica con barra de bambú



Union
5 barras



Union
tripode

MATERIALIDAD
Unión de lamina con barra de Bambu

SISTEMATIZACIÓN DE LA FABRICACIÓN

PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Reticulados espaciales

La unión desarrollada para este tipo de estructuras incorpora abrazaderas o soportes metálicos ajustables.

Permitiendo que cada barra de bambú se fije firmemente a los nodos sin necesidad de modificaciones o cortes en el material, preservando su integridad y resistencia natural. **Estos elementos se han diseñado para que se adapten a una gama de diámetros de bambú**, logrando una fijación eficiente en diferentes contextos y tipos de bambú.

FASES

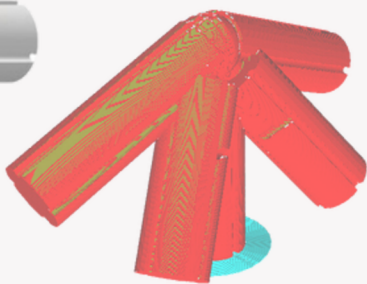
MODELADO Y BOCETO

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

SISTEMATIACION DE LA FABRICACION



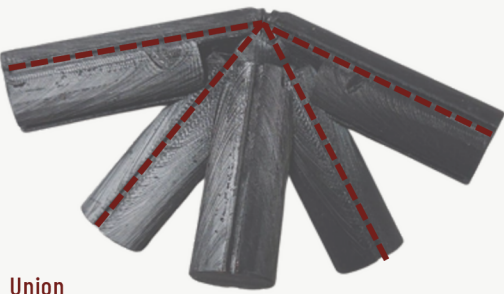
MODELADO
software Rhinoceros



PAREMETRO 3D
software Cura

PROCESO

FABRICACIÓN DE UNIONES



Union
5 barras

Imprecion 3D
Universidad UGC

Union
tripode

PROTOTIPO

PROPUESTA DE UNIONES



Union
5 barras

Union
tripode

ADAPTABILIDAD AL BAMBÚ

PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Reticulados espaciales

Las uniones modulares **están diseñadas para ajustarse a las irregularidades naturales del bambú**, como variaciones en diámetro y forma, lo cual facilita un ensamblaje preciso sin comprometer la estabilidad. Este enfoque permite que la **estructura pueda ser fácilmente montada y desmontada**, ideal para proyectos temporales.

Además, las uniones **modulares mejoran la durabilidad al minimizar el desgaste en los puntos de conexión**, permitiendo una distribución equilibrada de las cargas y maximizando el rendimiento estructural del bambú en aplicaciones que requieren flexibilidad y resistencia.



ENSAMBLAJE ESTRUCTURAL

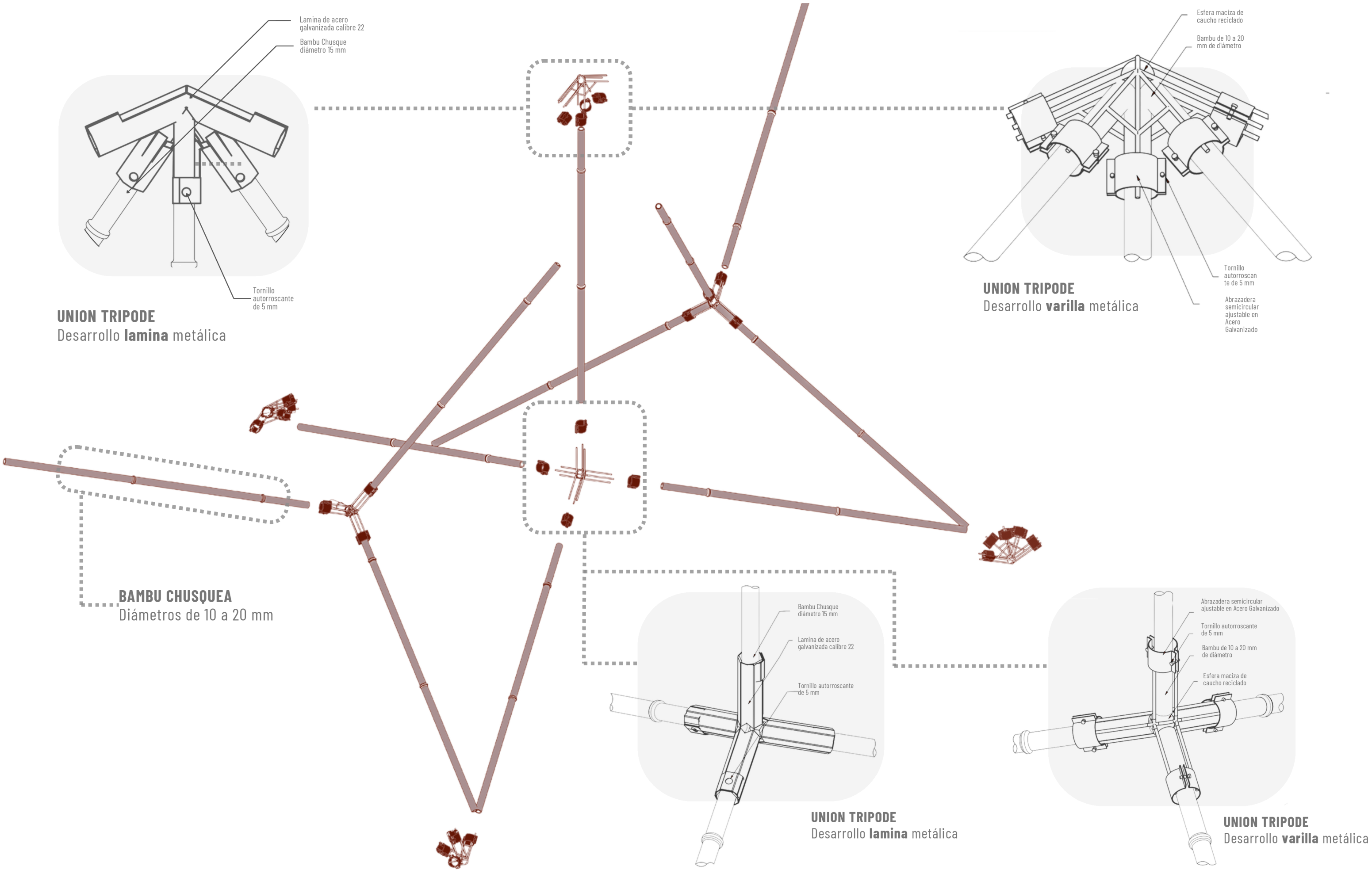
MODELADO SOFTWARE INVENTOR

Reticulados espaciales

LISTA DE PIEZAS

Elementos del ensamble

ELEMENTO	UN	ESPECIFICACIONES
Unión trípode	3	Unión desarrollada por varilla de 2mm de acero o lamina galvanizada calibre 22 soldado con TIG
Barra bambu	12	Tallo de Bambú de 1-2 cm de diámetro, resistente y ligero, con nudos espaciados.
Abrazadera	18	Abrazadera semicircular ajustable, resistente a la corrosión.
Unión 5 barras	3	Unión desarrollada por varilla de 2mm de acero o lamina galvanizada calibre 22 soldado con TIG
Tornillos	24	Tornillo autorroscante de acero galvanizado con rosca fina y cabeza hexagonal.



DESPIECE TÉCNICO DEL MÓDULO

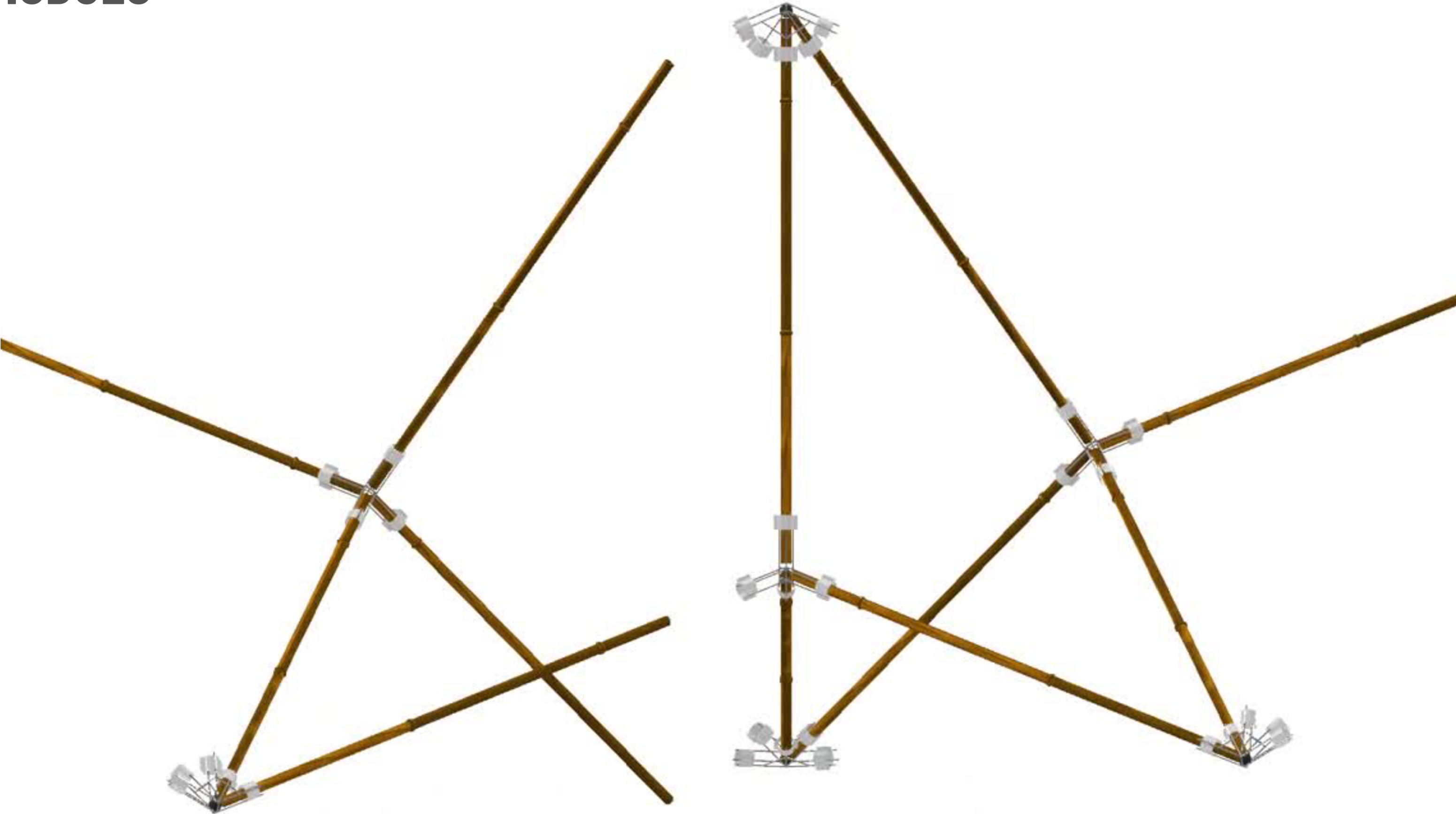
ENSAMBLAJE ESTRUCTURAL

Reticulados espaciales

El despiece técnico del módulo reticulado espacial muestra la distribución precisa de cada uno de los componentes estructurales, incluyendo barras, nodos y uniones.

Cada elemento está diseñado para garantizar un ensamblaje eficiente y modular, facilitando su repetición en diferentes configuraciones espaciales. Las barras de bambú Chusquea Carrizo se conectan mediante uniones rígidas de acero galvanizado, creando una estructura resistente y liviana.

Este despiece permite visualizar cómo cada pieza se interconecta, optimizando la estabilidad y funcionalidad del sistema en su conjunto.



RECOMENDACIONES

PROCESO DE LA INVESTIGACION

Reticulados espaciales

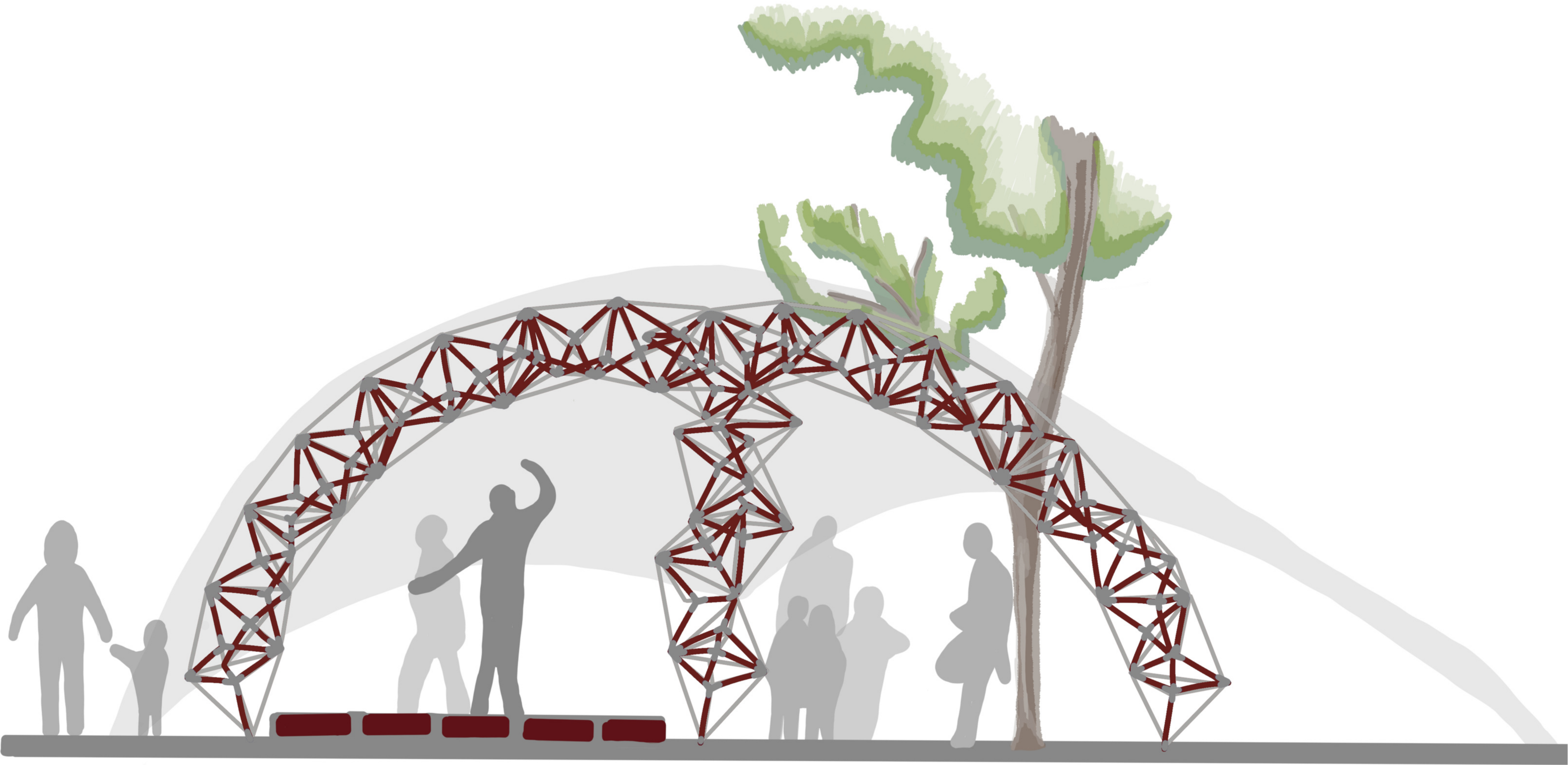
Es crucial seguir investigando el uso del bambú y optimizar las uniones para diferentes climas. También se sugiere desarrollar guías técnicas para su implementación en proyectos de mayor escala, promoviendo la construcción sostenible.

CONCLUSIONES

ANALISIS DE LA INVESTIGACION

Reticulados espaciales

El prototipo de reticulados espaciales en bambú Chusquea Carrizos es una solución viable y sostenible para estructuras temporales. La combinación de impresión 3D y soldadura de acero mejoró su resistencia y flexibilidad, confirmando su eficacia en pruebas de carga y durabilidad.



BIBLIOGRAFÍA

BASES CONSULTA DE LA INVESTIGACIÓN

Reticulados espaciales

- Ching, F. D., Onouye, B., & Zuberbuhler, D. (2014). Manual de estructuras ilustrado. Editorial Gustavo Gili. Recuperado de: <https://bit.ly/2VDzslR>
- Gálvez, M. (2015). Geometría de las superficies de área mínima (SAM) en reticulados espaciales. México. Editorial UNAM. Recuperado de: <https://bit.ly/2OB9Et3Abraham>
- Casasbuenas, C., Osorio, M., González, G, y Rincón, O. (s.f) Cubierta modular itinerante. Bid-dimad.org. Recuperado de: http://galerias.bid-dimad.org/bid_14/?p=1553#prettyPhoto
- Guzmán, C. (2013). Prototipo de diseño de una cubierta retráctil tensada. Revista de arquitectura (Bogotá). Recuperado de <https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/39/116>.
- Medina, R., Becerra, P., & Porras, C. (2013). Estudio de aplicación real de estructuras adaptables. EXPEDITO, (13). Recuperado a partir de <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/EXP/article/view/792>
- Perles, P. (2009). Temas de estructuras especiales. Buenos Aires: Editorial Nobuko. ProQuest Ebook Central. Recuperado de: <https://bit.ly/2VDzslR>
- Pallarés, F. (1986). Introducción a la geometría de las estructuras espaciales desplegables de barras. España. Árbol académico, Juan Pérez-Valcárcel repositorio de universidadde Coruña, revista 03. Recuperado de <https://bit.ly/2Ugg5o8>
- Wong, W. (1991). Fundamentos del diseño bidimensional y tridimensional. Editorial GG. Recuperado de: <https://centroculturalhaedo.edu.ar/>