

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA



Seminario De Tecnología y Construcción
ESTRUCTURA TENSADA

Autores:

Estudiantes	Código ORCID
Angelica Pilar Tejeda Arias	https://orcid.org/0000-0002-1009-2231
Frاند Omar Curinuqui Yahuarcani	https://orcid.org/0000-0002-5326-7038
Esteban David Zamora Maluquis	https://orcid.org/0000-0002-6882-2807
Isaac Macedo Pinedo	https://orcid.org/0000-0002-4146-2442
Jhuniór Antony Ydrogo Arévalo	https://orcid.org/0009-0003-7808-0776
Katty Kassandra Del Aguila Paredes	https://orcid.org/0000-0003-2613-1773

Docente:

Arq. Mg. Luis Armando García Hidalgo	https://orcid.org/0000-0002-9278-6420
---------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

Tarapoto, junio de 2024

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. MARCO TEORICO	4
2.1. Estructuras tensadas	4
2.2. Historia de la estructura Tensada.....	6
2.3. Aplicaciones de la Arquitectura Tensada.....	8
3. METODOLOGÍA	13
3.1. Revisión bibliográfica	13
3.2. Análisis de caso de estudio.....	13
3.3. Recopilación de Resultados	13
3.4. Aplicación de Investigación	13
3.5. Materiales Constituyentes de la estructura tensada	14
4. NORMATIVA	16
Capítulo 1: Consideraciones Generales	16
Capítulo 2: Requisitos de Diseño	16
Capítulo 3: Pórticos y otras estructuras.	17
Capítulo 4: Elementos de Tracción.	17
Capítulo 5: Columnas y otros elementos en compresión.....	17
Capítulo 6: Vigas y otros elementos en flexión.	18
Capítulo 7: Vigas fabricadas de planchas.	18
Capítulo 8: Elementos sometidos a fuerzas combinadas y torsión.	18
Capítulo 9: Elementos compuestos.	19
Capítulo 10: Conexiones.....	19
Capítulo 11: Fuerza concentradas, empozamientos y fatigas.	19
Capítulo 12: Consideraciones de diseño de servicio:	20
Capítulo 13: Fabricación, montaje y control de calidad.	20
5. REFERENTES	20
El Allianz Arena (Múnich, Alemania).....	20
El Aeropuerto internacional de Denver (Denver, Estados Unidos)	21
El Pabellón Blur (Yverdon-les-Bains, Suiza)	21
El estadio Nacional de Brasilia (Brasilia, Brasil).....	22
6. MODELO EXPERIMENTAL.....	22
6.1. Medidas	22

6.2. Análisis interior	23
6.3. Materiales	23
6.4. Planos	24
6.5. Renders.....	25
6.7. Secuencia de construcción	27
6. REFERENCIAS	29
7. ANEXOS	31

ESTRUCTURA TENSADAS

1. INTRODUCCIÓN

Las estructuras tensadas representan un fascinante campo de la ingeniería y la arquitectura que combina la ciencia de la tensión con la creatividad del diseño. Estas estructuras se distinguen por su capacidad para cubrir grandes áreas con mínimos puntos de apoyo, lo que las hace ideales para una amplia gama de aplicaciones, desde cubiertas de estadios hasta atracciones turísticas y espacios públicos.

En su esencia, una estructura tensada la compone una membrana flexible generalmente de tela de alta resistencia que se estira sobre cables o estructuras de soporte, como arcos o mástiles. La tensión aplicada a estos cables o elementos de soporte crea una superficie tridimensional que puede adaptarse a diferentes formas y configuraciones.

La creación de una estructura tensada implica una cuidadosa planificación y análisis, que abarcan desde la selección de materiales adecuados hasta la simulación computacional de las fuerzas involucradas. Los ingenieros y arquitectos deben considerar aspectos como la resistencia al viento, la carga de nieve, la durabilidad de los materiales y la estética del diseño. Una gran parte de la estructura tensada, están dirigidas a tres formas básicas: arco, conoide y paraboloides hiperbólico (Mansilla, 2021).

En esta investigación, exploraremos en detalle los principios de diseño, los materiales utilizados, las técnicas de construcción y las aplicaciones más destacadas de las estructuras tensadas. Además, examinaremos el impacto de estas estructuras en el ámbito arquitectónico contemporáneo y su potencial para la innovación en el diseño de espacios urbanos y estructuras emblemáticas.

2. MARCO TEORICO

2.1. Estructuras tensadas

Las estructuras tensadas son una forma de construcción que utiliza materiales flexibles y ligeros, como telas o membranas, para crear superficies resistentes y estables. En una estructura tensada, el equilibrio entre las fuerzas de tensión (las que estiran el material) y las de compresión (las que lo empujan) permite que la estructura sea fuerte y estable sin necesidad de usar materiales pesados y rígidos como el concreto o el acero.

Estas estructuras se destacan por su diseño elegante y eficiente, pudiendo cubrir grandes espacios con una cantidad mínima de material. Son muy comunes en estadios, pabellones deportivos, auditorios y otras instalaciones que requieren grandes techos o cubiertas sin

columnas intermedias. Además, son rápidas de montar y desmontar, lo que las hace ideales para eventos temporales.

Las estructuras tensadas abarcan diversos campos de la ingeniería, la arquitectura y la ciencia de los materiales, teniendo:

Teoría de la Tensión y la Compresión: Las estructuras tensadas se basan en el equilibrio entre fuerzas de tensión y compresión. Los ingenieros deben comprender los principios de la estática y la mecánica de materiales para diseñar estructuras que puedan soportar cargas externas y mantener su forma sin colapsar.

Materiales y Propiedades: El uso de materiales adecuados es fundamental en las estructuras tensadas. Se utilizan membranas flexibles, como tejidos de poliéster recubiertos de PVC o ETFE, que deben tener propiedades mecánicas específicas, como resistencia a la tracción, flexibilidad y durabilidad.

Análisis Estructural: Se emplean técnicas de análisis estructural para evaluar el comportamiento de una estructura tensada bajo diferentes condiciones de carga, como viento, nieve o presión hidrostática. Esto implica el uso de software de modelado y simulación para predecir el rendimiento y la respuesta de la estructura.

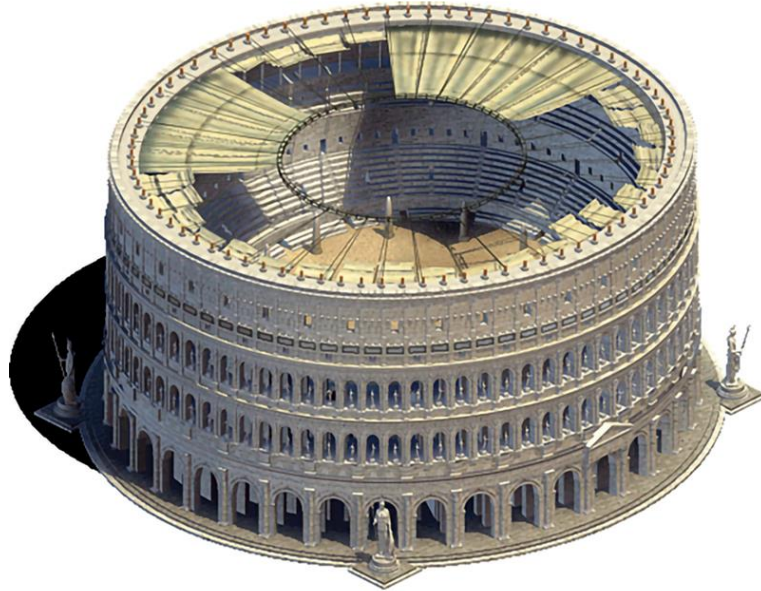
Geometría y Forma: La geometría desempeña un papel crucial en el diseño de estructuras tensadas. Los principios de geometría diferencial y la teoría de superficies ayudan a los diseñadores a crear formas complejas y orgánicas que maximizan la eficiencia estructural y estética.

Innovación en Ingeniería y Arquitectura: El marco teórico de las estructuras tensadas también incluye aspectos de innovación y creatividad en el diseño. Se fomenta la exploración de nuevas técnicas de construcción, materiales avanzados y métodos de fabricación para impulsar el desarrollo de estructuras más eficientes y sostenibles.

Sostenibilidad: Con un enfoque creciente en la sostenibilidad, el marco teórico de las estructuras tensadas también aborda aspectos como la eficiencia energética, el uso de materiales reciclables y la integración de tecnologías verdes para minimizar el impacto ambiental de los proyectos.

2.2. Historia de la estructura Tensada

La arquitectura tensada ha existido en diferentes culturas desde el origen de las civilizaciones como en viviendas o refugios, empleando cueros tensados, también mediante telas.

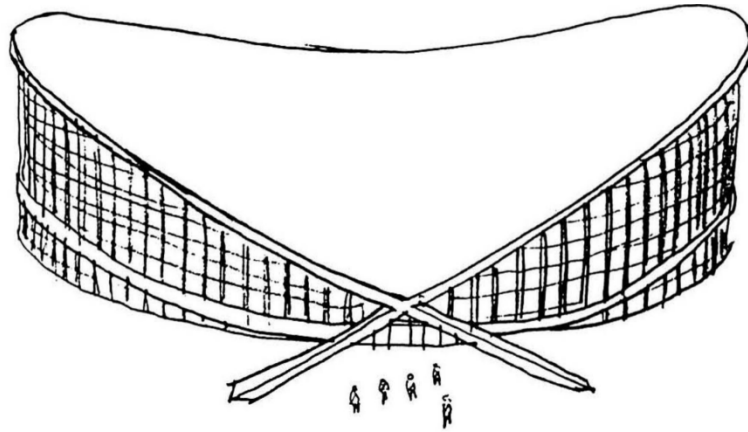


Cómo un ejemplo de mayor relevancia los romanos cubrían con toldos de tela despegable sus anfiteatros, para protegerlos del sol, inicialmente las telas eran de vela y posteriormente de lino. Esta cubierta apoyada en un entramado de cuerdas y se accionaba mediante poleas. Con el mismo propósito en España se tendían toldos en las calles hasta el siglo XVI.

1930 y 1940: Si bien las estructuras tensadas modernas se desarrollaron en el siglo XX, hay precedentes históricos, como las tiendas beduinas en el Medio Oriente y las velas de los barcos antiguos, que utilizaban principios similares de tensión para crear formas y espacios.

1950: El ingeniero y arquitecto alemán Frei Otto comenzó a experimentar con estructuras tensadas durante esta década. Su investigación pionera sentó las bases para muchos desarrollos posteriores en este campo.

1953. Se construyó la arena de Raleigh en Carolina del Norte con diseño de Matthew Movicki con dimensiones de 92m por 97m.



1960: Se popularizaron las estructuras tensadas gracias a proyectos emblemáticos como el Pabellón Alemán de la Expo 1967 en Montreal, diseñado por Frei Otto y Eero Saarinen. Esta estructura presentaba una cubierta de membrana tensada sobre una serie de mástiles, mostrando el potencial estético y funcional de este enfoque.

1970 y 1980: Durante estas décadas, las estructuras tensadas se utilizaron en una variedad de aplicaciones, desde estadios deportivos hasta atracciones turísticas. Ejemplos notables incluyen el Estadio Olímpico de Múnich (1972) y el Centro Pompidou en París (1977).

1990 y 2000: La tecnología y los materiales avanzados permitieron el diseño y la construcción de estructuras tensadas cada vez más audaces y complejas. Proyectos como el Millennium Dome en Londres (2000) y el Estadio Nacional de Pekín, también conocido como "El Nido" (2008), destacaron la versatilidad y la espectacularidad de estas estructuras.

Como dijo Frei Otto, "La forma sigue a la fuerza, y la fuerza quiere ser eficiente". Esta cita resume la filosofía detrás de las estructuras tensadas, que buscan optimizar el uso de materiales y la distribución de fuerzas para crear espacios funcionales y estéticamente atractivos.

Actualidad: Las estructuras tensadas siguen siendo una opción popular para proyectos arquitectónicos icónicos en todo el mundo. Se utilizan en una variedad de contextos, desde puentes peatonales hasta pabellones de exposiciones y centros comerciales

2.3. Aplicaciones de la Arquitectura Tensada

Las estructuras tensadas tienen un amplio desarrollo con respecto a las edificaciones de diversos usos. Existen múltiples clasificaciones que se puede dar a la arquitectura tensada, es por ello por lo que clasificaremos 3 puntos de estructura tensada: Abierta, Cerrada y Móvil, los cuales tendrán subclasificaciones de acuerdo con sus cualidades: cubierta, interiores y adosado (Hiancapié Lopez, 2021).

- **Estructura Abierta:**

Para proteger el espacio abarcado de la lluvia y la radiación solar, además de proteger la sensación que el usuario tiene en los espacios abiertos.

- **Cubierta con estructura Abierta:** Cubren en su mayoría espacios libre. Pueden ser utilizadas para dar espacios con ventilación natural, carpas para pórticos o también para dar belleza a un espacio (Hiancapié Lopez, 2021).



Imagen 1: Pabellón de la Expo 2012 a concurso para la exposición internacional junto al mar, Yesou Corea, SI Rasch. Google 2024

- **Interior estructura abierta:** Son fachas transparentes en el interior de un espacio o es exterior del mismo, que produce calor interno y a su vez luz directa. En su mayoría utilizan vidrio o revestimiento policarbonato (Forster & Mollaert, 2009).



Imagen 2: Pabellón ambulante BIM, Renzo Piano. Google 2024

- **Adosado Estructura Abierta:** Son especialmente para espacios con fines protegidos ya sean privados o semi públicos.



Imagen 3: Schlumberger en Montrouge, Paris, Renzo Piano. Google 2024

- **Estructura Cerrada:**

La estructura cerrada tiene como fin proteger el interior de los cambios climáticos que puedan existir, mantener la temperatura interior regulada, además, de

servir como aislamiento acústico y térmico cuando se utilizan varias capas (Hiancapié Lopez, 2021).

- **Cubierta con estructura Cerrada:** Causan un efecto invernadero, debido a sus membranas transparentes, que pueden ser utilizadas para aislamiento térmico y acústico (Forster & Mollaert, 2009).



Imagen 4: Cúpula del Milenio, Londres, Reino Unido, Richard Roger, Buro Happold Ingenieros, Birdair, 1996-. Google 2024

- **Interior con estructura cerrada:** Es una piel interior que ayuda con la estética y aislamiento acústico, en caso de que la edificación no cumpla con ninguna de ellas (Hernández Rubio, 2016).



Imagen 5: Fotografía de estructura hinchable interior "Exxopolis". Google 2024

- **Adosada estructura cerrada:** Se utilizan para generar confort dentro del edificio, es en su mayoría utilizada en la parte superior del edificio (Forster & Mollaert, 2009).



Imagen 6: Centro polideportivo Amagi, Amagi Yagashima Town, Japan, Fumitaka Hashimoto, Keikau, M.Saiton, Gr de proyecto Estructurales, Kajima Corp.,1991. Google 2024

- **Estructura Móvil:**

La estructura móvil modifica la morfología de la edificación las veces necesarias. (Hiancapié Lopez, 2021).

- **Cubierta con estructura móvil:** Cambia según las condiciones climáticas, se busca que la estructura móvil vaya cambiando de acuerdo con la luz diurna (Forster & Mollaert, 2009).



Imagen 7: Piscina en Sevilla, Félix Escrig. Google 2024

- **Interior con estructura móvil:** Son membranas adaptables de acuerdo con la función que cumplen, pueden regular la luz solar y generar privacidad al mismo tiempo.
- **Adosada estructura móvil:** Se adapta a la forma del edificio, tiene la misma función que la estructura móvil en interiores (Forster & Mollaert, 2009).

2.4. Uso de tensoestructura

La tensoestructura es un elemento superficial textil con elementos rígidos lineales, esta técnica esta utilizada desde hace muchos años.

- **Tiendas Cónicas:** Se inició con las tiendas cónicas en los pueblos nómadas, estas tiendas estaban formadas por pieles de animales y estructura de palos de maderas que, con la tensión, daban su forma característica. Su forma se adaptaba de acuerdo con los cambios climáticos de cada zona a utilizar (Koch & Habermann,2015).



Imagen 8: Tienda de Campar Cónica. Google 2024

- **Tiendas Transportables:** En el imperio romano, se fue utilizando de diferentes formas las superficies textiles, se trataba de construir módulos habitaciones para los rangos militares (Fabregat Barberán,2022).



Imagen 9: Tienda militares. Google 2024

3. METODOLOGÍA

3.1. Revisión bibliográfica

El presente artículo está basado en la búsqueda bibliográfica realizados en plataformas digitales como scopus, sciencie, google académicos y otras bases de datos académicas y sitios web especializados en arquitectura para encontrar libros, artículos de revistas, tesis, así también como utilización de términos clave como "estructura tensada", "arquitectura tensada", entre otros.

3.2. Análisis de caso de estudio

Se llevará a cabo un análisis de varios casos de estudios, de un modelo de sistema de estructura tensada, donde se estudiará los pasos y normas que se debe seguir, antes, durante y después del procedimiento.

3.3. Recopilación de Resultados

Reuniremos y analizaremos los diversos resultados que se obtuvo durante el proceso de investigación, con lo cual se comparara con el modelo del proyecto que queremos realizar.

3.4. Aplicación de Investigación

En la propuesta consideraremos ciertos parámetros para que la propuesta que es diseñar un restaurante de un piso donde elaboramos los planos para plantearlo mediante una maqueta aplicando el sistema de estructura tensada.

En esta sección se detallarán los pasos realizados para desarrollar el modelo final, desde el inicio del proyecto hasta el final. Este estudio se basa en una exhaustiva de la literatura especializada en el sistema constructivo con ladrillo.

3.5. Materiales Constituyentes de la estructura tensada

La estructura tensada son una innovación en la arquitectura que combina estética y funcionalidad. Están compuestas por varios materiales clave que aseguran su durabilidad, flexibilidad y resistencia. Se describen los materiales constituyentes más comunes de estas estructuras:

Membranas:

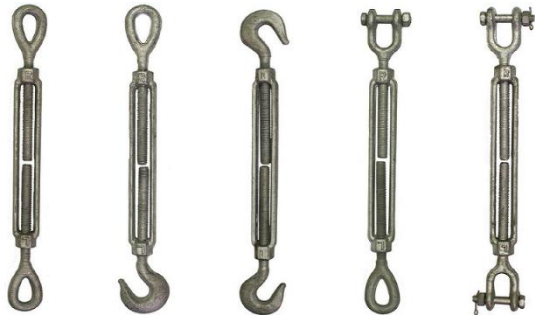


Las membranas son el componente principal de las estructuras tensadas. Suelen estar hechas de materiales flexibles y resistentes como el PVC (cloruro de polivinilo), el PTFE (politetrafluoroetileno) recubierto de fibra de vidrio y el ETFE (etileno tetrafluoretileno).

Estos materiales son seleccionados por su capacidad para soportar condiciones climáticas adversas, su resistencia a los rayos UV, y su longevidad.

El ETFE, por ejemplo, es un material ligero y transparente que permite la entrada de luz natural, mientras que el PTFE es conocido por su durabilidad y resistencia al fuego.

Cables y Tensores:



Los cables y tensores son fundamentales para mantener la tensión de la membrana y asegurar la estabilidad de la estructura. Suelen ser de acero inoxidable por su resistencia a la tracción y a la corrosión.

Estos cables son estratégicamente ubicados y tensados para distribuir de manera uniforme las cargas sobre la membrana, evitando así deformaciones y asegurando la integridad estructural

Anclajes y Conectores:



Para fijar la estructura tensada al suelo o a otros puntos de anclaje, se utilizan anclajes y conectores robustos. Estos componentes pueden estar fabricados de acero galvanizado o acero inoxidable para proporcionar la resistencia necesaria contra fuerzas de tracción y compresión.

Los anclajes suelen estar diseñados para ser ajustables, permitiendo modificaciones en la tensión de los cables y la membrana según sea necesario.

Marcos de soporte:



Aunque las estructuras tensadas son predominantemente sostenidas por cables y membranas, los marcos de soporte son esenciales para proporcionar la forma y estabilidad inicial. Estos marcos pueden estar hechos de acero, aluminio o, en algunos casos, madera tratada.

El material del marco se selecciona en función de factores como la carga esperada, las condiciones climáticas y el diseño estético deseado.

Revestimientos y tratamientos Superficiales

Para prolongar la vida útil de los materiales y mejorar su desempeño, se aplican revestimientos y tratamientos superficiales. Las membranas de PVC y PTFE a menudo tienen recubrimientos protectores contra los rayos UV y los contaminantes ambientales.

Los componentes metálicos, como los cables y anclajes, suelen estar galvanizados o recubiertos con pinturas epoxi para prevenir la corrosión.

Estos materiales y componentes trabajan en armonía para crear estructuras tensadas funcionales y resistentes y visualmente impresionantes. La correcta selección y combinación de estos materiales es crucial para el éxito y durabilidad de la estructura tensada.

4. NORMATIVA

En su mayoría, para realizar la estructura tensada, se utiliza metal para las estructuras, es por ello, que, en el presente informe, se explicará sobre la normal E.0.90 “ESTRUCTURA METÁLICA”.

Capítulo 1: Consideraciones Generales

Nos explica acerca de los alcances y límites que se debe tener al realizar una estructura metálica. También nos explica acerca de los materiales que debemos usar, que tipo de acero, las funciones y piezas forjadas de acero, los pernos, arandelas y Tuercas.

Además, no habla de las cargas, como debemos combinarlas y distribuirlas, para un mejor funcionamiento, cuál es su impacto, las fuerzas horizontales y nos explican los requisitos de diseño, como planos estructurales, simbología y nomenclatura, así como notas para soldadura.

Capítulo 2: Requisitos de Diseño

Este capítulo trata sobre los requisitos comunes que se debe cumplir en toda la norma, como son:

2.1 Área Total

2.2 Área Neta

2.3 Área neta efectiva para miembros en tracción

2.4 Estabilidad

2.5 Pandeo Local

2.6 Restricciones de rotación en puntos de apoyo

2.7 Dimensiones de viga, etc.

Capítulo 3: Pórticos y otras estructuras.

Este capítulo habla sobre los requisitos que se necesitan para dar estabilidad a la estructura.

3.1 Efectos de Segundo Orden:

En las estructuras diseñadas, se requiere que resista en flexión M , se determina todo por medio de un análisis plástico de segundo orden que satisfaga los requerimientos de estabilidad de Pórtico.

3.2 Estabilidad de Pórticos:

Esto se divide entre pórticos arriostrados, que es una armadura y pórtico donde la estabilidad lateral es proporcional a la diagonal, muros de corte o sistemas equivalentes.

Y pórticos no Arriostrados, en este la estabilidad lateral depende de la rigidez de la flexión de vigas y columnas conectadas.

Capítulo 4: Elementos de Tracción.

Este capítulo habla sobre los elementos prismáticos, que son sujetos a una tracción axial, por medio de cargas estáticas, que actúan por el eje centroidal. En ello, nos menciona, ciertos requisitos:

4.1 Resistencia de Diseño de tracción

4.2 Elementos Armados

4.3 Elementos conectados con pasadores y barras de ojo

Capítulo 5: Columnas y otros elementos en compresión.

Este capítulo explica cómo se aplican los elementos prismáticos compactos y no compactos, de acuerdo con la compresión axial.

5.1 Longitud efectiva y limitaciones de esbeltez

5.2 Resistencia de diseño en compresión para pandeo por flexión

5.3 Resistencia de diseño en compresión para pandeo flexo-torsional

5.4 Elementos armados

5.5 Elementos en compresión conectados por pasadores

Capítulo 6: Vigas y otros elementos en flexión.

Este capítulo explica cómo se debe aplicar los elementos prismáticos compactos y no compactos sujetos a flexión y cortante.

6.1 Diseño por flexión: Método LRFD y ASD

6.2 Diseño por Corte:

6.3 Miembros de alma variable

6.4 Vigas con aberturas en el alma

Capítulo 7: Vigas fabricadas de planchas.

Respecto a las vigas fabricadas en planchas de sección, se distinguen con las vigas laminadas de sección por la base a la esbeltez del alma. La resistencia de diseño al corte y el diseño de los rigidizadores se basará en la sección 6.2 de diseño de cortes o la sección 7.3. resistencia de diseño de corte.

7.1. Limitaciones

7.2 Diseño por flexión

7.3 Resistencia de diseño por corte con acción de campo de tensiones

7.4 Rigidizadores transversales

7.5 Interacción flexión - corte

Capítulo 8: Elementos sometidos a fuerzas combinadas y torsión.

Este capítulo habla de cómo se aplica los elementos prismáticos sometidos a fuerzas axial y flexión alrededor de uno o varios ejes de simetría, para elementos de almas de peralte variables.

8.1. Elementos simétricos sometidos a flexión y fuerza axial

8.2 Elementos asimétricos y elementos sometidos a torsión y torsión combinada con flexión, corte y/o fuerza axial.

Capítulo 9: Elementos compuestos.

En este capítulo se aplican columnas de perfiles laminados o armados, tubos y concreto estructural actuando juntos, como las vigas de acero soportan una losa de concreto armado conectada de forma que las vigas y las losas actúan juntos para resistir la flexión.

9.1. Hipótesis de Diseño

9.2 Elementos de compresión.

9.3 Elementos en flexión

9.4 Flexión y compresión combinadas

9.5 Conectores de corte

9.6 Casos especiales

Capítulo 10: Conexiones.

Este capítulo habla de cómo se aplica los elementos de conexión, los conectores y elementos afectados de los miembros que se conectan, sometidos a cargas estáticas

10.1. Consideraciones generales.

10.2 Soldaduras.

10.3 Pernos y piezas roscadas

10.4 Diseño por resistencia a la rotula

10.5 Elementos de conexión

10.6 Planchas de relleno

10.7 Empalmes

10.8 Resistencia al aplastamiento

10.9 Bases de columnas y aplastamiento en el concreto

10.10 Pernos de anclaje e insertos

Capítulo 11: Fuerza concentradas, empozamientos y fatigas.

Este capítulo sobre las consideraciones para la resistencia de diseño de los elementos, pertinentes a las fuerzas concentradas, empozamientos y fatiga.

11.1. Alas y almas con fuerzas concentradas

11.2 Empozamientos de agua

11.3 Fatiga

Capítulo 1: Consideraciones de diseño de servicio:

Este capítulo tiene como propósito proveer guías de diseño en servicio.

12.1. Contra flecha

12.2 Expansión y contracción

12.3 Deflexiones, vibración y desplazamientos laterales

12.4 Conexiones de deslizamientos crítico

12.5 Corrosión

Capítulo 13: Fabricación, montaje y control de calidad.

Este capítulo proporciona requisitos para los planos de taller, fabricación, pintado en el taller, montaje y control.

13.1. Planos de taller

13.2 Fabricación

5. REFERENTES

La estructura tensada se ha utilizado en una variedad de proyectos arquitectónicos en todo el mundo, por ello, destacamos 4 de estos, por su innovación, funcionalidad y estética, los cuales son:

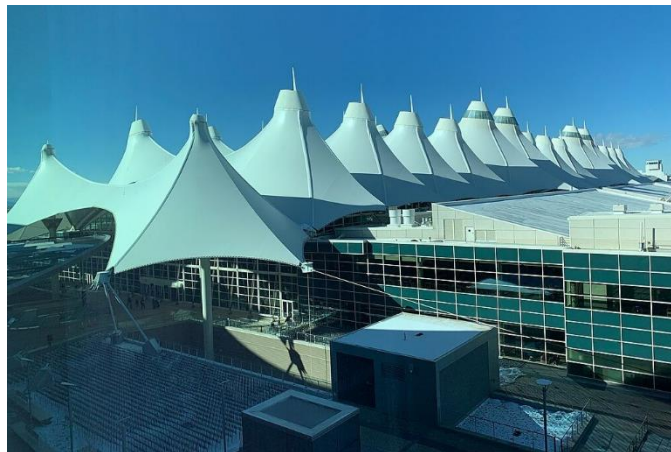
El Allianz Arena (Múnich, Alemania)



Diseñado por la firma de Herzog & Meuron, quienes su obra fue seleccionada en febrero de 2002, su construcción comenzó el 21 de octubre de 2002, donde colocaron la primera piedra y fue terminada en abril de 2005, pero recién el 30 de mayo del 2005 fue inaugurado.

El Allianz Arena es uno de los estadios de fútbol más emblemáticos del mundo, conocido por su innovadora fachada de ETFE. Diseñada por los arquitectos Herzog & de Meuron, la estructura tensada del estadio consiste en paneles de ETFE inflados que permiten cambiar de color, proporcionando una estética dinámica y única. Además de su atractivo visual, la membrana de ETFE es ligera y duradera, lo que la hace ideal para esta aplicación.

El Aeropuerto internacional de Denver (Denver, Estados Unidos)



El proyecto comenzó en 1989 por Arquitectos Pérez, finalizando en 1995 por los Arquitectos de Denver Fentress Bradburn. El pabellón exterior fue diseñado por Leo A. Daly. Se construyó sobre un terreno de 140 000 km².

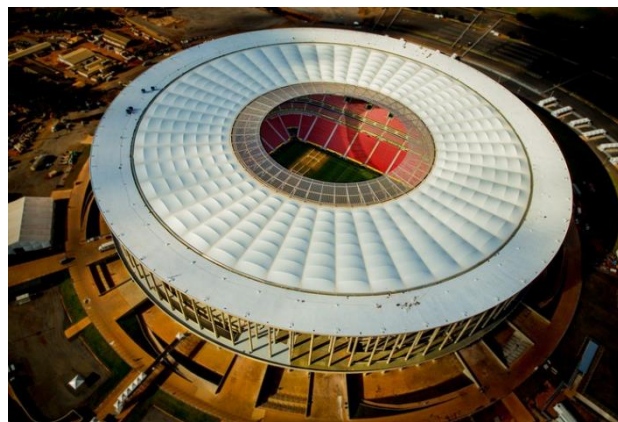
El Aeropuerto Internacional de Denver cuenta con una terminal que es un excelente ejemplo de estructura tensada. Diseñada por Fentress Architects, la cubierta de la terminal está compuesta por una serie de membranas de fibra de vidrio recubiertas de PTFE, sostenidas por cables de acero. Esta estructura no solo proporciona un amplio espacio interior libre de columnas, sino que también imita las montañas Rocosas cercanas, integrándose visualmente con el paisaje natural.

El Pabellón Blur (Yverdon-les-Bains, Suiza)



El Pabellón Blur, diseñado por los arquitectos Diller Scofidio + Renfro para la Exposición Nacional Suiza de 2002, es una estructura tensada única que utiliza agua en lugar de una membrana sólida. Miles de boquillas finamente calibradas rocían una fina niebla de agua sobre una estructura de cables tensados, creando una nube artificial que parece flotar sobre el lago Neuchâtel. Este proyecto innovador demuestra la versatilidad de las estructuras tensadas y su capacidad para crear experiencias arquitectónicas únicas.

El estadio Nacional de Brasilia (Brasilia, Brasil)



El Estadio Nacional de Brasilia, también conocido como Estadio Mané Garrincha, es un ejemplo notable de arquitectura tensada en un entorno deportivo. La cubierta del estadio está formada por una membrana de fibra de vidrio recubierta de PTFE, sostenida por una serie de cables de acero que forman una red tensada sobre el techo del estadio. Este diseño no solo proporciona protección contra las inclemencias del tiempo, sino que también permite la entrada de luz natural, mejorando la experiencia del espectador.

6. MODELO EXPERIMENTAL

6.1. Medidas

El diseño del restaurante cumple con muchos factores y diversas medidas, tales como:

- Planta cuadrada.
- Estructura de bóveda formada por la intersección de 4 gajos.
- Tiene 8 puntas
- Diámetro de 16 metros.
- Cada lado tiene 8 metros.
- Altura de 3.00 metros.
- Parte más alta es de 5.83 metros.
- Área de 207 m².

Con esas medidas se realizará una maqueta en escala 1:75 para poder apreciar, con más detalle, el proceso y el diseño que se tomó en cuenta al realizar esta obra arquitectónica.

6.2. Análisis interior

En el interior el restaurante alberga un ambiente amplio de mesas y sillas en la parte donde los gajos se alzan.

En el centro se encuentra un gran florero que embellece el lugar. Todo se define por medio de las luces que alberga la estructura y área verde en todo el complejo.



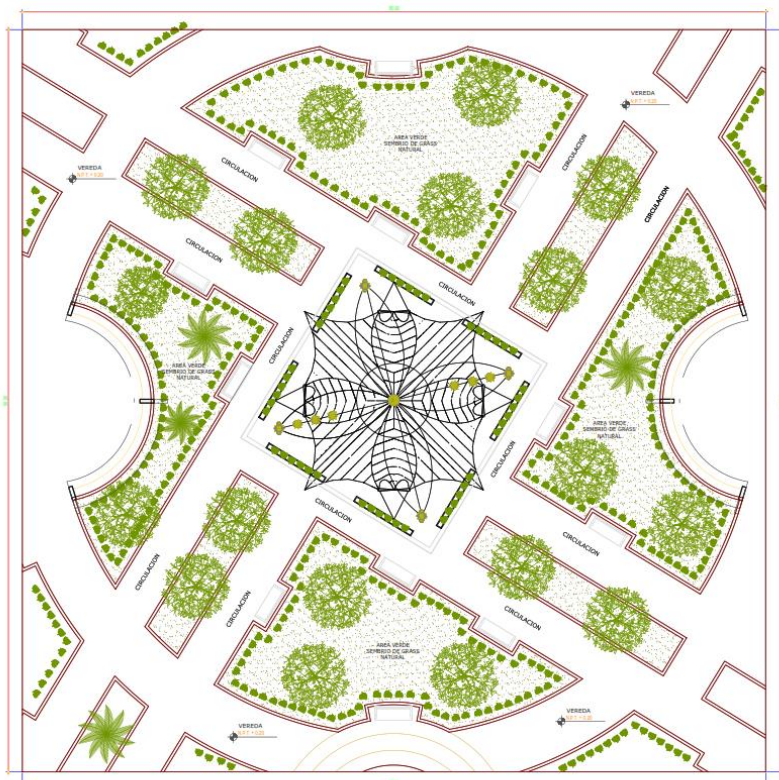
Imagen. Render interior del restaurante.

6.3. Materiales

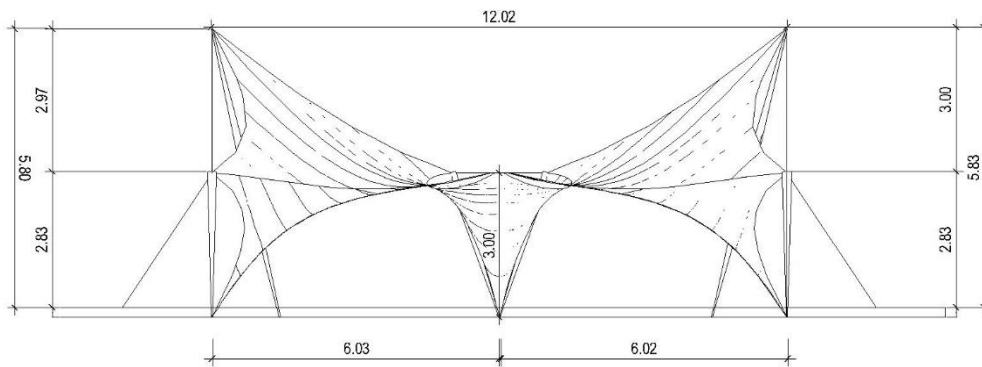
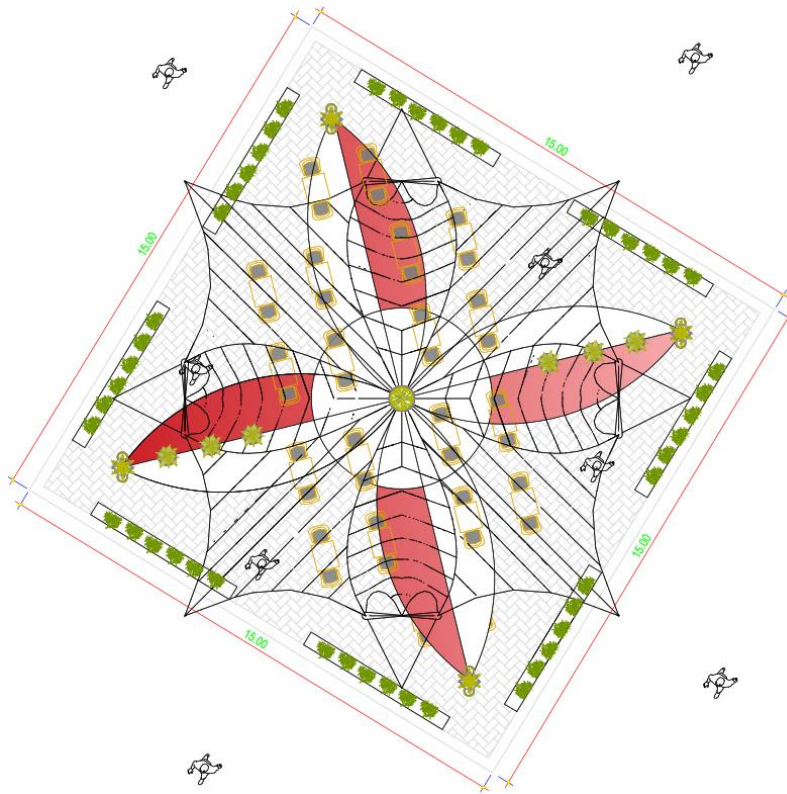
Los materiales de construcción que se tomó en cuenta para el restaurante se encuentran en la siguiente Tabla, con ellas, pudimos realizar una de las complejidades más grandes.

Material	Descripción	Uso
Hormigón	Material de construcción, hecho de base de cemento, arena y gravas.	LOSA
Acero	Aleación entre elementos de metal, hierro y carbono.	
Tubo metálico	Elemento estructural de forma lineal que se encarga de la flexión.	
Tela	Utilizado en la cubierta para protección de la luz solar.	TECHO
Cuerda	Para tensar la tela del techo con los parantes de metal	

6.4. Planos



PLANTA GENERAL DE RESTAURANT
ESC 1/100



SECCION B - B
 ESCALA: 1/100

6.5. Renders



Imagen 8. Render aéreo del restaurante.



Imagen 9. Render del restaurante.



Imagen 10. Render interior del restaurante.

6.7. Secuencia de construcción



Imagen 11. Diseño y colocación de bases.



Imagen 12. Colocación de vigas, para tensar la cubierta.



Imagen 13. Colocación de cubierta, en este caso, representado por una tela.



Imagen 14. Maqueta terminada y ambientada.

6. REFERENCIAS

Allianz Arena. (2017, enero 3). WikiArquitectura.

<https://es.wikiarquitectura.com/edificio/allianz-arena/>

Becerra, Y., & Sterpin Buitrago, D. G. (2023). Actividades de construcción sencillas desarrolladas por sistemas aéreos no tripulados. *Tecnura*, 27(76), 12–30.

<https://doi.org/10.14483/22487638.18612>

Eficiencia energética y arquitectura en 10 maravillosos aeropuertos. (2017, junio 15). National Geographic.

https://www.nationalgeographic.es/photography/2017/06/eficiencia-energetica-y-arquitectura-en-10-maravillosos-aeropuertos?image=2-green-airport-h_6_05994417

Fabregat Barberán, F. (2022). *Proyecto básico estructural de cubierta ligera mediante membrana tensada para el recinto de pelota valenciana “Regidor Vicent Mascarell”*. Real de Gandía (Valencia). 187340.

<https://riunet.upv.es/handle/10251/187340>

- Forster, B., & Mollaert, M. (2009). *Arquitectura textil guía europea de diseño de las estructuras superficiales tensadas*, Madrid MunillaLería, Madrid. Biblioteca FAU. <http://www.biblio.fau.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=7613>
- Hincapié López, J. (2021). *Arquitectura tensada: evolución y aplicaciones*. e_BUAH. Biblioteca digital Universidad de Alcalá. 56p. <http://hdl.handle.net/10017/49649>
- Koch, K. M., & Habermann, K. J. (2015). *Membrane Structures: Innovative Building with Film and Fabric: The Fifth Building Material*. bauingenieur24 logo. https://primo.getty.edu/primo-explore/fulldisplay/GETTY_ALMA21127064470001551/GRI
- Mansilla, J. (2021). Cubiertas tensadas. *Estructuras*, 4(8), 16–31. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/estructuras/article/view/35925>
- Rubio, H., & Carolina, D. (2016). *Modelo de análisis de estudio de viento para estructuras tensadas*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Perfil, V. T. mi. (s/f). *Arquitectura asombrosa*. Blogspot.com. Recuperado el 30 de mayo de 2024, de <https://asombrosaarquitectura.blogspot.com/2014/03/aeropuerto-internacional-de-denver.html>
- Viva, A. (2020a, febrero 7). *Pabellón The Blur, Yverdon-les-Bains - Diller Scofidio + Renfro*. Arquitectura Viva. <https://arquitecturaviva.com/obras/pabellon-the-blur-yverdon-les-bains>
- Viva, A. (2020b, septiembre 4). *Allianz Arena, Múnich (en proyecto) - Herzog & de Meuron*. Arquitectura Viva. <https://arquitecturaviva.com/obras/allianz-arena-munich-en-proyecto>

7. ANEXOS

