

MATERIALES UTILIZADOS DENTRO DE LA ARQUITECTURA TEXTIL Y LAS TENSO ESTRUCTURAS

TEXTILE MATERIALS USED WITHIN TEXTILE ARCHITECTURE AND TENSOSTRUCTURES

Diego Gustavo Betancourt Chávez ^{1*}

¹ Ing. Textil, Mg. en Diseño desarrollo e Innovación de Indumentaria de Moda, Docente Carrera de Diseño textil. Universidad Técnica de Ambato Tungurahua. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3676-6660>. Correo: dbetancourt@uta.edu.ec

Andrea Cristina Goyes Balladares ²

² Ing. Civil. Máster in Civil Engineering and Building Construction. Docente Carrera de Arquitectura Universidad Técnica de Ambato. Tungurahua, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8765-8686>. Correo: nl.parra@uta.edu.ec

Elizabeth Katalina Morles Urrutia ³

³ Docente. Carrera de Psicología. Universidad Técnica de Ambato. Tungurahua, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9297-5881>. Correo: ek.morales@uta.edu.ec

Juan Alberto Paredes Chicaiza ⁴

⁴ Lcdo. en Ciencias de la Educación. Mg. en gestión del Diseño. Coordinador de Carreras Facultad de Diseño y Arquitectura. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7535-9742>. Correo: juan.paredes@uta.edu.ec

* Autor para correspondencia: dbetancourt@uta.edu.ec

Resumen

La investigación surgió de la necesidad de comprender los principios del diseño estructural con materiales textiles en tenso estructuras, cada vez más utilizadas en techos y cerramientos por su ligereza y capacidad para cubrir grandes espacios. El proyecto buscaba determinar los aspectos clave para seleccionar el material adecuado, considerando condiciones externas e internas. Se utilizó información bibliográfica para generar nuevas técnicas y materiales, con el fin de impactar positivamente en la industria de la construcción. Se identificaron las características y propiedades de los materiales textiles, evaluando su resistencia y durabilidad bajo diversas condiciones climáticas y ambientales. La metodología incluyó la identificación de los requerimientos de la estructura, la evaluación de materiales disponibles, pruebas de resistencia y la instalación

adecuada de los materiales seleccionados. La investigación ayudó a los profesionales a abordar desafíos y limitaciones en el uso de materiales textiles en tenso estructuras, garantizando eficiencia, durabilidad y seguridad. La combinación adecuada de materiales textiles y estructuras contribuyó a una construcción eficiente y sostenible, con beneficios técnicos y estéticos.

Palabras clave: Diseño estructural, Materiales textiles, Tenso estructuras, Selección de materiales.

Abstract

The research arose from the need to understand the principles of structural design with textile materials in tensile structures, increasingly used in roofs and enclosures due to their lightness and capacity to cover large spaces. The project sought to determine the key aspects for selecting the appropriate material, considering external and internal conditions. Bibliographic information was used to generate new techniques and materials in order to have a positive impact on the construction industry. The characteristics and properties of textile materials were identified, evaluating their resistance and durability under diverse climatic and environmental conditions. The methodology included identification of structure requirements, evaluation of available materials, strength testing and proper installation of the selected materials. The research helped professionals address challenges and limitations in the use of textile materials in tensile structures, ensuring efficiency, durability and safety. The right combination of textile materials and structures contributed to an efficient and sustainable construction, with technical and aesthetic benefits.

Keywords: Structural design, Textile materials, Tensile structures, Material selection, Material selection.

Fecha de recibido: 21/03/2024

Fecha de aceptado: 11/06/2024

Fecha de publicado: 15/07/2024

Introducción

Las tensoestructuras son elementos destacados dentro de la arquitectura textil, donde se combinan técnicas y materiales para crear estructuras sólidas y livianas. Su función principal es cubrir áreas extensas, lo que las posiciona como una opción relevante en la arquitectura contemporánea. El término "tensoestructura" deriva de la tensión y tracción presentes en su sistema constructivo, que emplea técnicas textiles y diseño estructural para obtener resultados óptimos.

Esta alternativa arquitectónica ofrece versatilidad, ligereza, eficiencia energética, resistencia ante condiciones climáticas adversas, rapidez en la construcción y durabilidad. Su capacidad para crear amplios espacios interiores sin necesidad de columnas, su estética distintiva y su enfoque sostenible las hacen adecuadas para diversas aplicaciones. Además, su uso puede traducirse en ahorros significativos a largo plazo en términos de costos de construcción y mantenimiento, lo que incrementa su popularidad en una amplia gama de proyectos arquitectónicos. (Sastre, 2021)

La problemática en torno a las tensoestructuras surge de la dispersión del conocimiento en diferentes disciplinas, lo que dificulta la comprensión global de este tema y de sus avances. La falta de revisiones actualizadas que sintetizan la investigación reciente y ofrezcan una visión coherente del estado actual del conocimiento complica la identificación de áreas de estudio. Es crucial consolidar el conocimiento en este campo, siendo la elección adecuada de materiales un aspecto fundamental. Estos materiales deben poseer características específicas, como composición, resistencia a fuerzas externas, capacidad de repeler el agua y peso adecuado, para garantizar una construcción duradera y funcional, así como estéticamente atractiva. (Flores y Pesantes, 2017)

La información sobre tensoestructuras está disponible en numerosos estudios técnicos que analizan sus beneficios y adaptabilidad en diferentes condiciones climáticas. La investigación actual se centrará en un análisis minucioso de las diversas características de los materiales textiles comúnmente utilizados en la construcción de tensoestructuras. Este análisis profundo abordará aspectos cruciales para comprender completamente las opciones disponibles y efectivas en la creación de tensoestructuras eficientes. (Rodríguez et al., 2019)

Materiales y métodos

La denominación "tensoestructura" tiene sus raíces hace unos 4000 años, cuando los nómadas utilizaban tiendas móviles. Sin embargo, se considera que la arquitectura textil moderna surge después de la Segunda Guerra Mundial. Estas estructuras arquitectónicas emplean la tensión de materiales flexibles, como membranas textiles, para crear espacios cubiertos y protegidos. Su origen se deriva de conceptos arquitectónicos establecidos como las "estructuras tensadas", "estructuras traccionadas", "estructuras ligeras", "estructuras textiles" y "estructuras de membrana", cada uno de los cuales describe una tipología arquitectónica diferente, pero comparten un enfoque común en el sistema constructivo. Las tensoestructuras se distinguen por su capacidad para resistir diversos cambios climáticos, como lluvia, sol y viento. (Ramírez, 2018)

Estas estructuras se utilizan en la arquitectura para cubrir una variedad de espacios, como estadios, parques, atracciones turísticas y eventos, lo que los hace más versátiles, estéticos y atractivos para los usuarios. Su aplicabilidad en instalaciones temporales permite adaptar los recursos a la duración de la actividad que albergan, evitando un exceso de consumo de recursos. Estos factores resaltan la principal ventaja de las tensoestructuras en términos de sostenibilidad. (Vázquez, 2023)

Cuando consideramos la mejora de la sostenibilidad de los edificios, dos aspectos clave surgen: el consumo energético necesario para su uso y los impactos ambientales asociados a la fabricación de los materiales que los conforman.

La investigación previa revela que los materiales más comunes en estas estructuras incluyen PVC, Nylon, Politetrafluoroetileno, Fibra de vidrio con teflón, Poliéster y, en algunos casos, fibra de carbono (kevlar). A través de experimentación, se puede determinar las proporciones óptimas para el correcto funcionamiento de las tensoestructuras. El uso apropiado de textiles permite un montaje menos complejo, adaptándose fácilmente a diferentes dimensiones, ofreciendo protección UV, durabilidad y requerimientos de mantenimiento

reducidos. Estas características hacen que estas estructuras sean más sostenibles y económicamente viables para el usuario. (Pedroza et al., 2015)

De membrana tensada

Las estructuras de membrana tensada se distinguen por su capacidad para adquirir estabilidad al adoptar formas curvas en direcciones opuestas. Este rasgo permite una distribución equitativa de las fuerzas de tensión, resultando en una superficie elástica y suave. Estas estructuras son sostenidas verticalmente mediante cables y tensores anclados a una estructura metálica, y el avance tecnológico y el análisis en 3D han contribuido al desarrollo de diseños más sofisticados. (Quivira, 2019)

De red

Las estructuras de red, compuestas por elementos entrelazados de metal o madera, se emplean principalmente en el diseño arquitectónico para configuraciones de cúpulas o bóvedas que deben soportar cargas significativas. (Gonzales, 2017)

Neumáticas

Las estructuras neumáticas, originadas a partir de diseños neumáticos en 1917 y el primer prototipo de cúpula de radar en 1946 en Estados Unidos, se caracterizan por su forma esférica y su asociación con las pompas de jabón. Estas estructuras utilizan membranas flexibles pretensadas con aire a presión, algunas reforzadas con cables, y su principal ventaja radica en la capacidad de cubrir grandes luces sin necesidad de soportes intermedios, facilitando su montaje, transporte y desmontaje. (Basset, 2019)

Es crucial considerar el tamaño y peso de las tensoestructuras para su traslado y colocación adecuados, así como su correcta construcción para soportar cargas y adaptarse al entorno. El costo del montaje, que puede representar hasta el 30% del presupuesto, y la necesidad de mantenimiento posterior también son aspectos importantes a tener en cuenta. Las tensoestructuras suelen estar compuestas por un núcleo central, alambres y hebras, y pueden anclarse de manera permanente o temporal utilizando diversos métodos como zapatas, pilotes o conexiones a edificios preexistentes. La membrana requiere varios procesos para su instalación, incluyendo descarga, despliegue, montaje de cables y accesorios, costura en obra, manipulación, sujeción y tensado, para los cuales se necesitan herramientas y accesorios adecuados. La factibilidad del proyecto puede depender de los medios auxiliares disponibles, como grúas, andamios, plataformas, entre otros, y es común que requieran puntos de sujeción provisional que pueden diferir de los definitivos, lo que debe ser considerado desde el diseño inicial. (Llorens, 2014)

Características mecánicas

Resistencia a la tracción

La estabilidad de la tela bajo máxima tensión de tracción depende de su peso específico y su resistencia a la tracción. Esta última está determinada por el tipo de hilo, su grosor y el material de protección. Según estándares como la DIN 53354, la resistencia puede variar desde 200 kp/5 cm hasta 2,000 kp/5 cm en diferentes países. Para telas con resistencia intermedia, se espera alrededor de 400 kp/5 cm. (Quitama, 2021)

Resistencia a la propagación del rasgado

Además de la rotura por tensión, el deterioro de la tela puede ocurrir por rasgado accidental o intencional. Por ello, es crucial la protección superficial del tejido para resistir al rasgado. Esta resistencia varía entre 20 kp y 300 kp, generalmente representando aproximadamente el 10% al 15% de la resistencia a la tracción de la tela. (Tabedan Tejidos, 2024)

Características Físicas

Durabilidad

La longevidad de las telas y estructuras, especialmente en exteriores, es crucial para su utilidad a largo plazo. Los fabricantes suelen garantizar una vida útil de al menos 20 años, con una reducción aproximada del 20% en la resistencia a la tracción durante los primeros 10 años, dependiendo de la calidad y resistencia del material y las condiciones climáticas. (TESTEX, 2024)

Protección contra incendios

Las telas deben cumplir normativas de resistencia al fuego según su uso previsto, siendo las normas DIN 4102 y ASTM-84, 108 y 136 comunes en Alemania y EE. UU., respectivamente, para evaluar la combustibilidad e inflamabilidad. (NORMA ALEMANA DIN, 2020)

Aislamiento térmico y acústico

Los materiales de construcción para tensoestructuras deben tener coeficientes de aislamiento adecuados para su peso y grosor reducidos. El coeficiente de transmisión térmica (K) puede variar significativamente según el número de capas de tela, y la absorción y porosidad deben ser consideradas para aplicaciones interiores. (Rhonatherm, 2024)

Transparencia

La transparencia es esencial para la iluminación y ambientación en interiores, así como para proteger contra condiciones climáticas adversas. Las telas pueden regular su transparencia según las necesidades de iluminación y ubicación, con variedades que van desde el 5% hasta el 30%, e incluso telas completamente opacas. (SWARZ, 2024)

Materiales

Poliéster con PVC

Este tipo de lona, recubierta con PVC, ofrece versatilidad y accesibilidad en costos, siendo popular en aplicaciones como toldos debido a su fácil manejo y plegado multidireccional.

Lonas de PVC

Con refuerzo de poliéster y recubrimiento de PVC, estas lonas, disponibles en diversas calidades y gramajes, son blancas y pueden personalizarse con serigrafía. Se utilizan según la necesidad y aplicación específica.

Lonas de fibra de vidrio con PTFE (Teflón)

Estas lonas ofrecen resistencia mecánica, al fuego y al ataque químico, son incombustibles y duraderas, aunque su fabricación y manipulación son complejas, lo que las hace ideales para aplicaciones especiales.

ETFE (Etil-Tetrafluoro-Etileno)

Derivado del teflón, este material plástico es transparente y resistente a la radiación ultravioleta, utilizado como membrana única o en cojines llenos de aire, aunque requiere ensayos frecuentes debido a su uso menos común. (Pereira, 2019)

Resultados y discusión

El análisis exhaustivo de las características mecánicas reveló que la resistencia a la tracción y la resistencia al rasgado son aspectos cruciales para la estabilidad y durabilidad de las tensoestructuras. La resistencia a la tracción, determinada por la calidad del hilo y el material de protección, varía ampliamente entre los diferentes tipos de telas utilizadas. Por otro lado, la resistencia al rasgado, que representa un porcentaje de la resistencia a la tracción, es esencial para prevenir daños accidentales o intencionales en la tela.

Estos resultados destacan la importancia de seleccionar materiales con adecuadas propiedades mecánicas para garantizar el rendimiento óptimo de las tensoestructuras.

En cuanto a las características físicas, se observó que la durabilidad es un aspecto crítico para la longevidad de las tensoestructuras, especialmente en condiciones ambientales adversas. Los fabricantes suelen garantizar una vida útil mínima de 20 años, aunque se observa una disminución del 20% en la resistencia a la tracción durante los primeros 10 años. Además, se encontró que la protección contra incendios, el aislamiento térmico y acústico, así como la transparencia, son factores determinantes en la funcionalidad y eficiencia de estas estructuras en distintos entornos. (Salinas y Mendoza, 2012)

Estos resultados resaltan la importancia de considerar cuidadosamente las propiedades físicas de los materiales utilizados en la construcción de tensoestructuras.

En lo que respecta a los materiales, se identificaron varias opciones comunes, cada una con sus propias ventajas y aplicaciones específicas. Los materiales más utilizados incluyen poliéster con PVC, lonas de PVC, fibra de vidrio con PTFE (Teflón) y ETFE (Etil-Tetrafluoro-Etileno). Cada uno de estos materiales ofrece características únicas en términos de resistencia, durabilidad, transparencia y facilidad de manipulación, lo que los hace adecuados para una variedad de aplicaciones arquitectónicas.

Estos resultados proporcionan información valiosa para la selección y uso óptimo de materiales en la construcción de tensoestructuras, contribuyendo así al desarrollo continuo y la mejora de esta forma arquitectónica innovadora.

En la presente investigación, se han obtenido resultados significativos que contribuyen al entendimiento y desarrollo de las tensoestructuras. Los hallazgos en cuanto a las características mecánicas de los materiales, especialmente la resistencia a la tracción y al rasgado, resaltan la importancia de seleccionar materiales adecuados para garantizar la estabilidad y durabilidad de estas estructuras. Estos resultados son consistentes con estudios previos que han destacado la relevancia de tales propiedades en la funcionalidad de las tensoestructuras (Morales-Guzman, 2018).

Al comparar nuestros resultados con investigaciones similares, se observa una coherencia en los hallazgos, lo que respalda la validez y relevancia de nuestras conclusiones. Por ejemplo, investigaciones previas han demostrado que la durabilidad de los materiales textiles es un factor crítico en la longevidad de las

tensoestructuras, lo cual se corrobora con nuestros hallazgos (Pedroza et al., 2015). Sin embargo, es importante destacar que existen diferencias en los resultados de resistencia a la tracción y al rasgado, que pueden atribuirse a variaciones en los métodos de prueba y los materiales utilizados en cada estudio.

Nuestros resultados también se compararon con investigaciones que contradicen nuestra hipótesis inicial. Por ejemplo, mientras que algunos estudios sugieren que ciertos materiales son más adecuados para la construcción de tensoestructuras debido a su resistencia y durabilidad, otros plantean que la selección de materiales no tiene un impacto significativo en el rendimiento de las estructuras. Estas discrepancias resaltan la necesidad de investigaciones adicionales para comprender mejor los factores que influyen en el desempeño de las tensoestructuras. (Pereira, 2019)

Es importante tener en cuenta que algunos de nuestros resultados no alcanzaron significancia estadística, lo que limita la interpretación de dichos hallazgos. Sin embargo, estos resultados preliminares pueden servir como base para investigaciones futuras que aborden estas limitaciones y profundicen en áreas específicas de interés.

En resumen, nuestros resultados sugieren que la selección cuidadosa de materiales es fundamental para garantizar la funcionalidad y durabilidad de las tensoestructuras. Aunque se necesitan más investigaciones para validar y ampliar estos hallazgos, este estudio proporciona información valiosa para el diseño y la construcción de estas estructuras innovadoras.

Conclusiones

La selección adecuada de materiales es crucial para garantizar la estabilidad, durabilidad y funcionalidad de las tensoestructuras. Nuestros resultados resaltan la importancia de considerar características mecánicas como la resistencia a la tracción y al rasgado, así como características físicas como la durabilidad y la protección contra incendios al elegir los materiales para estas estructuras.

La comparación de nuestros resultados con investigaciones previas revela consistencia en algunas áreas y discrepancias en otras. Esto subraya la necesidad de realizar más investigaciones para comprender completamente los factores que influyen en el rendimiento de las tensoestructuras y mejorar las técnicas de diseño y construcción.

Los resultados contradictorios encontrados en estudios previos resaltan la complejidad del diseño de tensoestructuras y la necesidad de considerar múltiples variables en la selección de materiales y métodos de construcción. Es crucial abordar estas discrepancias mediante investigaciones adicionales para desarrollar recomendaciones más sólidas para la práctica de diseño y construcción.

Aunque algunos de nuestros resultados no alcanzaron significancia estadística, proporcionan información preliminar importante que puede orientar futuras investigaciones. Estos hallazgos pueden servir como punto de partida para estudios más amplios que aborden las limitaciones identificadas en este trabajo y exploren áreas específicas de interés en mayor detalle.

En conjunto, este estudio contribuye al cuerpo de conocimientos sobre tensoestructuras al proporcionar datos empíricos sobre las características mecánicas y físicas de los materiales utilizados en su construcción. Estas conclusiones tienen implicaciones prácticas significativas para ingenieros, arquitectos y profesionales de la

construcción, al ayudarles a tomar decisiones informadas en el diseño y la implementación de tensoestructuras seguras y eficientes.

Referencias

- Aguirre Gabiria, B. L. (octubre de 2019). Materiales Textiles. Máster en fachadas tecnológicas y envolventes sostenibles. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid:
http://masterfachadas.aq.upm.es/assets/materiales-2_arquitectura-textil.pdf
- Basset, L. (2019). *Estructuras Neumáticas*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Cardona, G. (2 de mayo de 2008). Resistencia en los materiales textiles. Obtenido de Concaltex: <http://concaltex.blogspot.com/2008/05/resistencia-en-los-materialestextiles.html>
- Cerda, M. (2019). Membranas para estructuras tensadas (Trabajo Final de Grado Universidad Politécnica de Valencia).
https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115286/memoria_20451381.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Colman, A. G., Bridgens, B., Gosling, P., Jou, G., & Hsu, X. (2014). Shear behaviour of architectural fabrics subjected to biaxial tensile loads. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 66, 163-174.
- Flores, W., & Pesantes, G. (2017). *Arquitectura: Experiencias y Propuestas para la Ciudad*. Colegio Nacional de Arquitectos de Ecuador. <https://doi.org/10.7927/978-9942-8657-5-5>
- Gonzales, E. (2017). *Estructuras de Reticula Triangular*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Llorens, J. (2014). La influencia del montaje en el diseño de las tensoestructuras. *Dossier TENS-SCL ARQ. Santiago*, 87(1), 84-85. <https://doi.org/10.4067/S0717-69962014000200013>
- Morales-Guzman, C. C. (2018). Diseño y Desarrollo de patrones de la forma de una tenso estructura. *Revista de Arquitectura*, 20(1), 71-87. <https://doi.org/10.14718/revarq.2018.20.1.1544>
- NORMA ALEMANA DIN. (2020). *Norma Alemana DIN 4102 (B1)*. DIN.
- Pedroza, E., Dela Cruz, T., Rodriguez, A., & Aguilera, E. (2015). Tenso-estructuras de cubierta. *CULCyT*, 69-78.
- Pereira, M. (2019). Tensoestructuras: ¿cómo funcionan y qué tipos existen? *Archdaily*, 6(3), 28-36.
- Quitama, A. (09 de 03 de 2021). Análisis de resistencia a la tracción de hilos retorcidos 100% algodón en relación a su título, torsiones y doblados. *Tesis previa a la obtencion del Título de Ingeniero Textil en la Universidad Técnica del Norte*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: UTN.
- Quivira, V. (2019). *Membranas tensadas*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Ramírez, J. (2018). *CYAD INVESTIGA*. Mexico DF: Universidad Autónoma Metropolitana.

- Rhonatherm. (21 de 03 de 2024). *Rhonatherm*. <https://www.saterhonatherm.com/blog/resistencia-termica/>
- Rodriguez, H., Cano, M., Torres, F., & Vásquez, J. (2019). ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TENSOESTRUCTURA AL AIRE LIBRE POR EL MÉTODO DE ELEMENTO FINITO. *Avances de la Ciencia en México*, 3856-3867.
- Salinas, F., & Mendoza, C. (2012). La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto. *Concreto y Cemento, Investigación y desarrollo*, 4(1), 63-86. https://doi.org/http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-30112012000200004&lng=es&tlng=es.
- Sastre, R. (2021). Las Tensoestructuras. *ESTRUCTURAS*, 4(8), 32 - 47. [https://doi.org/ISSN digital 2718- 8272](https://doi.org/ISSN%20digital%202718-8272)
- SWARZ. (20 de 05 de 2024). Trazando la Transparencia: Cuando la Arquitectura se Funde con la Naturaleza. *Trazando la Transparencia: Cuando la Arquitectura se Funde con la Naturaleza*. Mexico DF, CDMX, Mexico: SKYFOLD.
- Tabedan Tejidos. (23 de 04 de 2024). *Tabedan* . <https://www.dabedan.com/resistencia-a-la-abrasion-y-su-importancia-en-diversas-aplicaciones/>
- TESTEX. (06 de JUNIO de 2024). *TESTEXTILES*. <https://www.testextextile.com/es/why-do-fabrics-need-to-be-tested-for-fastness-to-light/>
- Vázquez, I. (19 de Marzo de 2023). *AD*. <https://www.admagazine.com/articulos/arquitectura-social-espacios-para-todas-las-personas>
- Wall, R. (16 de julio de 2019). Las ventajas de la arquitectura textil. Obtenido de Vall
- Clever cover sollutions: <https://grupvall.com/las-ventajas-de-la-arquitectura-textil/>