



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECÁNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PÉRGOLA BIOCLIMÁTICA CON
MECANISMO PARA LA APERTURA Y VENTILACIÓN, UTILIZANDO PERFILES
DE TOL GALVANIZADO DE 2.4 M DE LONGITUD.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de: **INGENIEROS MECÁNICOS**

AUTORES: ADRIANA FERNANDA GALLEGOS SOTO

CÉSAR STALIN TEJADA MORENO

TUTOR: CRISTIAN ANDRES LEIVA GONZALEZ

Quito-Ecuador

2024

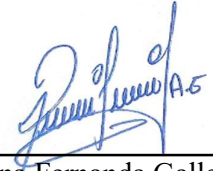
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Adriana Fernanda Gallegos Soto y César Stalin Tejada Moreno con documento de identificación N° 1723655757 y con documento de identificación N° 1725186397; manifestamos que:

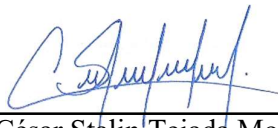
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 14 de marzo del año 2024.

Atentamente,



Adriana Fernanda Gallegos Soto
C.I: 1723655757



César Stalin Tejada Moreno
C.I: 1725186397

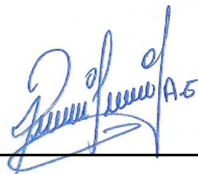
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Adriana Fernanda Gallegos Soto y César Stalin Tejada Moreno con documento de identificación N° 1723655757 y con documento de identificación N° 1725186397, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de la Propuesta tecnológica: **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PÉRGOLA BIOCLIMÁTICA CON MECANISMO PARA LA APERTURA Y VENTILACIÓN, UTILIZANDO PERFILES DE TOL GALVANIZADO DE 2.4 M DE LONGITUD**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

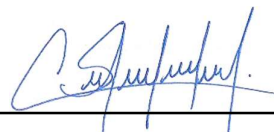
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de marzo del año 2024.

Atentamente,



Adriana Fernanda Gallegos Soto
C.I: 1723655757



César Stalin Tejada Moreno
C.I: 1725186397

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Andrés Leiva González con documento de identificación N° 1716424476, docente de la Universidad, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PÉRGOLA BIOCLIMÁTICA CON MECANISMO PARA LA APERTURA Y VENTILACIÓN, UTILIZANDO PERFILES DE TOL GALVANIZADO DE 2.4 M DE LONGITUD**, realizado por Adriana Fernanda Gallegos Soto con documento de identificación N° 1723655757 y por César Stalin Tejada Moreno con documento de identificación N° 1725186397, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de marzo del año 2024.

Atentamente,



Cristian Andrés Leiva González
C.I: 1716424476

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento, dedico este logro a la fuente de toda fortaleza, a Dios, quien ha sido mi guía inquebrantable en este viaje, por iluminar mi camino, brindarme fuerzas y sostenerme en los momentos más desafiantes.

A mi amada familia, en especial a mis padres, hermanos y demás seres queridos; les dedico este logro con todo mi corazón. Su amor incondicional, apoyo constante y aliento han sido la fortaleza que me ha orientado en este viaje hacia la realización de mis sueños.

A mí misma, dedico este logro como un testimonio de esfuerzo y perseverancia, a lo largo de este recorrido, enfrenté desafíos, superé obstáculos, sobre todo, nunca me rendí. Agradezco a esa parte de mí que se mantuvo firme, que persistió en medio de las adversidades y que nunca dejó de creer en la meta final.

Adriana Gallegos

A mis amados padres: Freddy Tejada, Germania Moreno quienes han sido mi mayor apoyo, fuente inagotable de amor y sabiduría. A mi querido hermano Santiago Tejada junto a mi adorada hermana Mishell Tejada, cuya presencia ha sido un constante estímulo en mi camino académico. A mi amada enamorada, Dayana Pino, por su paciencia, comprensión y motivación constante. A todos ustedes, mi gratitud eterna por su inquebrantable apoyo, por ser mi inspiración a lo largo de este arduo pero gratificante viaje.

César Tejada

AGRADECIMIENTO

Con profundo agradecimiento, quiero expresar mi reconocimiento a personas extraordinarias que fueron fundamentales en el éxito de nuestro proyecto de titulación. A los ingenieros Cristian Leiva, William Diaz y Fernando Toapanta, mis tutores de tesis, les estoy sinceramente agradecida por su guía constante, paciencia y sabiduría impartida a lo largo de esta travesía académica. Su compromiso, además, la experiencia han sido faros que iluminaron nuestro camino hacia el logro de este importante proyecto de titulación.

A mi compañero de tesis, Cesar Tejada, quiero dedicar un especial reconocimiento. Su inquebrantable esfuerzo, dedicación y colaboración fueron elementos clave en el éxito de nuestro proyecto. Juntos superamos desafíos, aprendimos y crecimos, construyendo no solo un proyecto académico, sino también una sólida amistad como también un gran equipo.

Adriana Gallegos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, fuente de fortaleza, por permitirme culminar este importante capítulo académico. Agradezco a mis padres, Freddy Tejada y Germania Moreno, por su constante apoyo, así como a mi hermano Santiago y mi hermana Mishell. A Dayana Pino, mi enamorada, le agradezco su inspiración y respaldo. A Adriana Gallegos, mi compañera de tesis, y al ingeniero Cristian Leiva, mi tutor, les agradezco la colaboración y orientación. También agradezco a mis amigos de infancia, compañeros de universidad, docentes por su amistad y enseñanzas. Este logro no hubiera sido posible sin el apoyo y contribución de cada uno. ¡Gracias!

César Tejada

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XVI
OBJETIVOS	XVIII
Objetivo general	XVIII
Objetivos específicos	XVIII
CAPÍTULO I.....	17
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Historia de pérgolas	1
1.2 Pérgolas	2
1.3 Materiales para pérgolas	3
1.3.1 Pérgolas de madera	3
1.3.2 Pérgolas de acero/madera	4
1.3.3 Pérgolas de piedra/madera	4
1.3.4 Pérgolas de acero	5
1.3.5 Pérgolas de acero armado	5
1.4 Tipo de pérgolas	6
1.4.1 Pérgola adosada	6
1.4.2 Pérgola independiente	7
1.5 Bioclimatismo	7
1.5.1 Construcciones bioclimáticas.	8
1.5.2 Metodología para construcciones bioclimáticas	9
1.6 Pérgolas bioclimáticas	10
1.7 Partes de una pérgola bioclimática	11

1.7.1	Lamas	11
1.7.2	Mecanismo	13
1.7.3	Sistema de drenaje	14
1.7.4	Estructura	15
1.8	Efecto bioclimático de pérgolas	15
1.9	Conclusiones del capítulo	16
CAPÍTULO II		17
METODOLOGÍA		17
2.1	Mentefacto de proceso	18
2.2	Identificación de opciones iniciales	19
2.3	Alternativas diseño de Lamas	19
2.3.1	Opción 1: lamas con dobleces de 135°	19
2.3.2	Opción 2: lamas con dobleces de 90° delgado	20
2.3.3	Opción 3: lamas con dobleces de 90° grueso	21
2.3.4	Criterios de evaluación: calificación de lamas	22
2.3.5	Toma de decisiones: selección de lama	23
2.4	Alternativas diseño de Mecanismo	24
2.4.1	Opción 1: mecanismo lineal	24
2.4.2	Opción 2: mecanismo rotativo	24
2.4.3	Opción 3: mecanismo paralelogramo	25
2.4.4	Criterios de evaluación: calificación de mecanismo	26
2.4.5	Toma de decisiones: selección del mecanismo	27
2.5	Actuador	28
2.5.1	Opción 1: actuador hidráulico o neumático	28
2.5.2	Opción 2: motor eléctrico	28
2.5.3	Opción 3: motor paso a paso	29

2.5.4	Criterios de evaluación: calificación de actuador	29
2.5.5	Toma de decisiones: selección de actuador	30
CAPÍTULO III		31
DISEÑO		31
3.1	Diseño de pérgola completa	31
3.1.1	Sistema de drenaje	32
3.1.2	Ángulo de inclinación.	33
3.1.3	Sistema de colectores para agua	34
3.1.4	Caja de control	35
3.2	Elección de material para lamas	36
3.2.1	Opción 1. Lamas de tol galvanizado	36
3.2.2	Opción 2. Lamas en PVC	37
3.2.3	Opción 3. Lamas en fibra de vidrio	37
3.2.4	Criterios de evaluación	37
3.2.5	Toma de decisiones de elección del material	38
3.3	Cálculos de validación para diseño de lamas y mecanismo	39
3.3.1	Cálculo de esfuerzo	45
3.3.2	Deflexión de la lama	49
3.4	Cálculo de torque para mecanismo	50
3.5	Dimensionamiento de motor	54
CAPÍTULO IV		56
VALIDACIÓN DE FUNCIONAMIENTO A TRAVÉS DE SIMULACIÓN CON SOFTWARE ESPECIALIZADO		56
4.1	Lamas	57
4.2	Modelado de lamas	58
4.3	Análisis de resultados	60
4.3.1	Tensiones: Von Mises	60

4.3.2	Deflexión	63
4.4	Mecanismo	66
4.4.1	Modelado del mecanismo	67
4.5	Efecto bioclimático	71
CAPÍTULO V		74
ANÁLISIS ECONÓMICO		74
5.1	Presupuesto de fabricación de Lamas	75
5.1.1	Descripción de materiales para la fabricación de las lamas	75
5.1.1.1	<i>Chapa metálica</i>	75
5.1.1.2	<i>Espuma de poliuretano</i>	75
5.1.1.3	<i>Pintura</i>	76
5.2	Presupuesto de fabricación del mecanismo	76
5.3	Presupuesto Sistema Eléctrico	77
5.4	Presupuesto para la fabricación de la cubierta	78
6 CONCLUSIONES		79
7 RECOMENDACIONES		80
8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA		82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Ponderación de resultados en la comparación de lamas	23
Tabla 2.	Ponderación de resultados en la comparación de mecanismos	27
Tabla 3.	Ponderación de resultados en la comparación de actuadores	30
Tabla 4	Ponderación de resultados en la comparación materiales para lamas.	38
Tabla 5.	Cotización para la fabricación de las lamas	76
Tabla 6.	Cotización para fabricación de mecanismo	77
Tabla 7.	Cotización del sistema eléctrico	78
Tabla 8.	Cotización total de la pérgola bioclimática	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estancia ideal en Jardines de Notre - Dame d'Orsan [3]	1
Figura 2. Arcada en Europa [5]	3
Figura 3. Pérgola de madera [6]	3
Figura 4. Vista isométrica de pérgola de acero y madera [7]	4
Figura 5. Vista interior de pérgola de acero y madera [7]	4
Figura 6. Pérgola de piedra y madera [8]	5
Figura 7. Pérgola de acero [9]	5
Figura 8. Pérgola de acero armado [11]	6
Figura 9. Pérgola adosada [11]	6
Figura 10. Pérgola independiente [12]	7
Figura 11. Domicilio bioclimático [16]	8
Figura 12. Metodología para construcciones bioclimáticas [17]	9
Figura 13. Pérgola bioclimática [18]	10
Figura 14. Partes de una pérgola	11
Figura 15. Lamas de pérgola bioclimática [21]	12
Figura 16. Sección transversal de lama [21]	12
Figura 17. Mecanismo para lamas [23]	13
Figura 18. Sistema de drenaje para pérgola bioclimática [23]	14
Figura 19. Estructura de pérgola bioclimática [25]	15
Figura 20. Tipo de apertura de las lamas 0°, 45°, 90°, 135°	16
Figura 21 Partes importantes de una pérgola bioclimática.	17
Figura 22. Diagrama de flujo	18
Figura 23. Diseño lama con pliegues a 135°	20
Figura 24. Diseño lama delgada con pliegues a 90°	21
Figura 25. Diseño ideal de lama con pliegues a 90°	22
Figura 26. Mecanismos de deslizamiento retráctil con cremallera	24
Figura 27. Mecanismo de accionamiento lineal	25
Figura 28. Mecanismo directo al eje	26
Figura 29. Actuador hidráulico [27]	28

Figura 30. Motor eléctrico AC [28]	29
Figura 31. Motor paso a paso NEMA23 [29]	29
Figura 32. Render de la pérgola bioclimática ambientada	31
Figura 33. Diseño integral de pérgola bioclimática	32
Figura 34. Vista isométrica de sistema de drenaje	33
Figura 35. Lama con ángulo de inclinación	34
Figura 36. Sistema de drenaje	35
Figura 37. Vista isométrica de caja de control	36
Figura 38. Vista isométrica de lamas ensambladas	39
Figura 39. Medidas de sección transversal de lama	39
Figura 40. Cálculos de propiedades físicas de la lama en software especializado	40
Figura 41. Porcentaje de área en superficie de lama	42
Figura 42. Diagrama de cuerpo libre de lama	43
Figura 43. Diagrama de cuerpo libre de lama	46
Figura 44. Momento flector	47
Figura 45. Cálculo de inercia en área transversal de lama	47
Figura 46. Deformación	49
Figura 47. Pérgola con 16 lamas	50
Figura 48. Lama con desplazamiento de 34.39 grados	51
Figura 49. Mecanismo para el funcionamiento de 16 lamas	51
Figura 50. DCL de platina.	53
Figura 51. Modelado 3D con Solidworks y SketchUp	56
Figura 52. Proceso de simulación de lamas	57
Figura 53. Modelado de la lama	58
Figura 54. Cargas distribuidas y restricciones de la lama	58
Figura 55. Convergencia de esfuerzo vs tamaño de malla	59
Figura 56. Tamaño de tetraedro para mallado	59
Figura 57. Lama mallada	60
Figura 58. Simulación de tensiones en lama metálica	61
Figura 59. Simulación de tensiones en lama metálica y poliuretano	63
Figura 60. Simulación de desplazamiento en lama metálica	64
Figura 61. Simulación de desplazamiento en lama metálica y poliuretano	65

Figura 62. Proceso de simulación de mecanismo	66
Figura 63. Modelado mecanismo	67
Figura 64. Aplicación de fuerzas en cada lama	67
Figura 65. Asignación de fuerzas en todas las lamas	68
Figura 66. Simulación de torque	68
Figura 67. Relación de torsión y desplazamiento angular	69
Figura 68. Simulación de motor	69
Figura 69. Gráfica de tiempo vs desplazamiento	70
Figura 70. Gráfica de tiempo vs velocidad	70
Figura 71. Vista lateral izquierda de representación de pérgola ambientada	72
Figura 72. Vista isométrica de representación de pérgola ambientada	72
Figura 73. Área de construcción para pérgola bioclimática	74

RESUMEN

La tesis se centra en desarrollar una pérgola bioclimática eficiente, además de asequible, utilizando perfiles de tubo galvanizado de 2,4 metros. El objetivo principal es crear una estructura que mejore el entorno y se adapte a las preferencias del usuario mediante un sistema de control de lamas dinámico que permita la apertura y ventilación.

Para lograr este propósito, se llevó a cabo la recopilación de información sobre pérgolas y bioclimatismo, se evaluaron diferentes opciones de diseño donde se verificó la eficiencia mediante análisis teóricos como también experimentales, los resultados confirmaron la idoneidad estructural de la lama, fabricada con chapa metálica con centro de poliuretano. Se determinó una velocidad óptima de 15°/s para la regulación de las lamas donde se dimensionó un motor paso a paso con 1.8° de paso, asegurando precisión y torque constante.

Esta investigación aporta al proporcionar una alternativa más económica y mecánicamente viable de pérgola bioclimática, garantizando seguridad impermeable. Además, logra un efecto bioclimático en cuatro posiciones de lamas a 0, 45, 90 y 135 grados. Se propone la automatización basada en condiciones climáticas inmediatas, la búsqueda de materiales nuevos, más económicos y resistentes a la corrosión como áreas de investigación futuras.

Palabras clave: pérgola bioclimática, control de lamas, eficiencia energética, materiales resistentes.

ABSTRACT

To achieve this purpose, the research began by collecting information on pergolas and bioclimatology, various design options underwent thorough evaluation, followed by the verification of efficiency through both theoretical modeling and practical experimentation. The results confirmed the structural suitability of the blade, manufactured of metal sheet and a polyurethane core. It was determined an optimal speed of 15°/s for blade regulation, and a "Step by step" motor was sized with a 1.8°, ensuring precision and constant torque.

This research contributes by providing a more economically and mechanically viable alternative for bioclimatic pergolas, ensuring waterproof safety. Additionally, it achieves a bioclimatic effect in four blade positions at 0, 45, 90, and 135 degrees. Future research areas include automation based on immediate weather conditions and the exploration of something new, more economical, and corrosion-resistant materials. In conclusion, the thesis demonstrates the feasibility of meeting bioclimatic requirements with lower investment and without import expenses.

Keywords: bioclimatic pergola, blade control, energy efficiency, resistant materials.

INTRODUCCIÓN

En un entorno donde la sostenibilidad y la eficiencia energética son pilares esenciales en el diseño mecánico, la innovación se convierte en una búsqueda constante para adaptarse al entorno, proporcionando beneficios tanto al medio ambiente como a los usuarios, esta tesis se enfoca en el diseño como también en la simulación de la cubierta para una pérgola bioclimática. Esta estructura integra un ingenioso mecanismo que permite la apertura para el paso de ventilación, luz, energía térmica, contribuyendo de esta manera a una mayor versatilidad, eficacia en la gestión de recursos y el confort ambiental.

En primer lugar, se considera la selección de perfiles de tol galvanizado de 2,4 metros de longitud como material principal para la pérgola. Este material proporciona durabilidad, resistencia, siendo además una elección eco amigable al ser reciclable y resistente a la corrosión.

El segundo componente del objetivo se centra en la creación de un mecanismo versátil que posibilite la apertura, además, facilitación del paso de ventilación, luz y energía calórica. La adaptabilidad de la pérgola a las condiciones climáticas variables resulta esencial para mejorar el confort de los usuarios, también optimizar la eficiencia energética. Este ingenioso mecanismo posibilitará ajustar con precisión la exposición solar y la circulación de aire, optimizando así las condiciones ambientales de manera óptima.

Emular la función de la pérgola bioclimática juega un rol fundamental en el alcance de este objetivo general. A través de la simulación de software especializado, se podrá evaluar el rendimiento de la pérgola en diferentes escenarios climáticos y perfeccionar su diseño para alcanzar la eficiencia deseada.

En última instancia, este proyecto aspira no sólo a diseñar una pérgola bioclimática eficiente, sino también a proporcionar una valiosa contribución al campo de la ingeniería sostenible, alentando la adopción de soluciones innovadores que respeten el entorno ambiental y mejoren la calidad de vida de quienes interactúan con estos espacios al aire libre [1].

En cuanto a la funcionalidad de las pérgolas bioclimáticas, estas evitan la sombra excesiva, la sensación sofocante en lugares desprotegidos durante días calurosos, proporcionando un contraste positivo similar al que ofrecen las sombras de los árboles sobre la piel. Estos

elementos naturales crean un efecto moteado al filtrar la luz solar, generando un juego de luces y sombras en el suelo. Este fenómeno, permite la penetración de la luz en invierno, proporciona resguardo contra el sol en verano, lleva a la conclusión de que, aunque no sea factible plantar árboles en todas partes, las pérgolas ofrecen una alternativa viable. Varias estructuras están diseñadas para dar sombra, y las pérgolas fusionan solo los conceptos de soporte y follaje.

La importancia de la sombra en jardines, parques y espacios públicos abiertos, combinada con la preocupación por el cambio climático global, son razones por las que el diseño de la pérgola debe ser óptimo para satisfacer al usuario [2].

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La demanda creciente de estructuras bioclimáticas que permitan controlar activamente la radiación solar y la ventilación natural en entornos ambientales, junto con la necesidad de emplear materiales que sean resistentes a la corrosión, han generado interés en el diseño de pérgolas bioclimáticas. Estas estructuras, compuestas en su mayoría por perfiles de tol galvanizado de 2.4 metros de longitud, poseen el potencial de optimizar la eficiencia energética, además, el confort en espacios al aire libre. No obstante, el diseño y la operación efectivos de estas estructuras plantean desafíos significativos.

” ¿Se puede diseñar una pérgola bioclimática con perfiles de tol galvanizado de 2,4 metros de longitud que optimice la eficiencia energética incluso el confort térmico mediante un mecanismo de control de lamas que respondan dinámicamente a la apertura y cierre que permitan mejorar las condiciones climáticas asimismo las preferencias del usuario, mientras se garantiza la durabilidad del material utilizado?”

JUSTIFICACIÓN

Ecuador se caracteriza por su diversidad climática como también geográfico, actualmente puede desarrollar estrategias para adoptar soluciones de ingeniería innovadoras adaptadas a los cambios climáticos y a la vez promover una mejora en la sostenibilidad.

La implementación de pérgolas bioclimáticas automatizadas en Ecuador permite mejorar la calidad de los entornos al aire libre, fomentando el interés en diseño de ingeniería con estructuras y mecanismos vitales para su funcionalidad.

La justificación de implementar mecanismos en las lamas de las pérgolas para mejorar el confort climático del usuario se sustenta por múltiples razones fundamentales. Este enfoque ofrece adaptabilidad a condiciones climáticas cambiantes, permitiendo ajustar las lamas para regular la exposición al sol, mejorar el confort térmico asimismo optimizar la ventilación. Además, contribuye en la eficaz utilización de los recursos energéticos al disminuir la necesidad de depender de sistemas de climatización, promoviendo la sostenibilidad ambiental y generando ahorros sustanciales.

La adaptación de la experiencia del usuario, la habilidad para innovar y competir en proyectos de ingeniería son aspectos destacados, dado que la incorporación de tecnologías novedosas puede proporcionar un valor distintivo. Además, el proyecto de tesis propuesto contribuirá al conocimiento en ingeniería sostenible, al desarrollo de prácticas más eficientes y confortables en el diseño de espacios exteriores. La implementación de estos mecanismos no solo responde a las necesidades actuales de sostenibilidad, sino que también impulsa la innovación también mejora la calidad de vida de los usuarios.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar y simular una pérgola bioclimática con un mecanismo para la apertura y ventilación, utilizando perfiles de tol galvanizado de 2.4 metros de longitud.

Objetivos específicos

- Establecer un criterio bioclimático viable para el diseño de pérgolas.
- Determinar los parámetros de diseño de la pérgola de acuerdo con el criterio bioclimático.
- Seleccionar una alternativa de diseño de la pérgola que cumpla con los parámetros establecidos.
- Validar el funcionamiento del mecanismo de apertura y ventilación de la pérgola bioclimática mediante software especializado.
- Evaluar la factibilidad económica para la implementación de la pérgola bioclimática a través de indicadores financieros

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

El capítulo subsiguiente busca abordar la problemática previamente mencionada a través de un análisis detallado de diversos estudios, libros, investigaciones, aplicaciones vinculadas al control de la radiación solar y la ventilación en espacios exteriores. Se tratarán aspectos tales como la importancia de emplear materiales que sean resistentes a la corrosión, la optimización de la eficiencia energética asimismo la mejora del confort en áreas al aire libre, entre otros temas relevantes. Ver figura 1.



Figura 1. Estancia ideal en Jardines de Notre - Dame d'Orsan [3]

1.1 Historia de pérgolas

Las pérgolas son estructuras conformadas por vigas y columnas, que sostienen una cubierta abierta, que durante a lo largo de este tiempo han desarrollado un papel importante en sus diferentes culturas, épocas, funciones, como también un diseño cada vez más automatizado.

El nacimiento de estas pérgolas aparece en la década de la antigua civilización egipcia, donde los jardines y áreas de sombra para reposar eran muy valorados, ya que ofrecían un espacio de relajación como de meditación, decorados con plantas trepadoras creando un ambiente fresco y agradable.

La etimología de la palabra pérgola se remonta al latín, derivando de "pérgola", que se refiere a un alero o cubierta, en sí, el año exacto de las pérgolas no se conoce, pero se sabe que después de la civilización egipcia también Grecia y Roma optaron por crear estos espacios ambientales en sus jardines, en la edad media aparecieron en Italia creados de preferencia en espacios interiores de las iglesias, villas o palacios.

Durante el siglo XIX y XX las pérgolas experimentan un renacimiento, siendo totalmente construidas en parques públicos y jardines privados, utilizadas en bulevares como en paseos marítimos, dando paso al romanticismo, al interés por la naturaleza también la elegancia, ahora en la actualidad existen en combinación con la domótica, creando estilos modernos incorporando la tecnología de sistemas retráctiles de sombra, cortinas automatizadas permitiendo ajustar la cantidad de luz y sombra según las preferencias.

1.2 Pérgolas

Una pérgola se define como una estructura de soporte que brinda protección a un área específica, generalmente abierta al menos en uno de sus lados, se caracteriza por contar con un techo horizontal sostenido por puntos estratégicos.

Contrariamente, las arcadas suelen poseer una estructura en forma de dosel con un diseño en arco, mayormente cerradas en sus laterales, construidas a partir de plantas leñosas. Este tipo de estructura ha existido desde la antigüedad ha representado un elemento de diseño con diversos significados y formas a lo largo de los siglos [4]. Figura 2.



Figura 2. Arcada en Europa [5]

1.3 Materiales para pérgolas

La selección de materiales para pérgolas es crucial para garantizar durabilidad, resistencia como estilo. Desde madera con metal hasta materiales compuestos incluso tejidos innovadores, la variedad de opciones para construir pérgolas es amplia y diversa. A continuación, exploraremos los diferentes materiales disponibles para pérgolas, destacando sus características, ventajas y consideraciones clave al elegir el material más adecuado para cada proyecto.

1.3.1 Pérgolas de madera: estas pérgolas se construyen principalmente con madera, ofreciendo un aspecto natural y cálido. Como se observa en la figura 3.



Figura 3. Pérgola de madera [6]

1.3.2 Pérgolas de acero/madera: estas pérgolas combinan acero con madera. Ofreciendo una estructura robusta con la calidez de la madera, estas combinan la durabilidad del acero con la estética de madera. Ver figuras 4 y 5.



Figura 4. Vista isométrica de pérgola de acero y madera [7]



Figura 5. Vista interior de pérgola de acero y madera [7]

1.3.3 Pérgolas de piedra/madera: estas estructuras de pérgola combinan la solidez de la piedra con la calidez de la madera, dando lugar a construcciones robustas y estéticamente agradables. Figura 6.



Figura 6. Pérgola de piedra y madera [8]

1.3.4 Pérgolas de acero: estas pérgolas se construyen principalmente con acero, ofreciendo una estructura duradera, resistente a la intemperie y de bajo mantenimiento. Según figura 7.



Figura 7. Pérgola de acero [9].

1.3.5 Pérgolas de acero armado: este tipo de pérgolas emplea acero reforzado para una mayor resistencia estructural, ideal para soportar cargas pesadas o en zonas con condiciones climáticas extremas [8]. Como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Pérgola de acero armado [11].

1.4 Tipo de pérgolas

Las pérgolas pueden presentar diferencias notables en base a las técnicas de construcción y a los materiales empleados en su edificación. Estos tipos se diferencian por sus propiedades, métodos de construcción como también a la combinación de materiales empleados en los componentes estructurales.

- 1.4.1 Pérgola adosada:** se refiere a una estructura construida unida o adjunta a otra.
Ver figura 9.



Figura 9. Pérgola adosada [11]

1.4.2 Pérgola independiente: a diferencia de la pérgola adosada, esta se coloca en espacios exteriores como jardines o patios, y su estructura es totalmente autónoma. Tal como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Pérgola independiente [12]

Cada tipo de pérgola tiene ventajas en durabilidad estética y resistencia, adaptando a diferentes estilos arquitectónicos de preferencias personales. La selección del tipo de pérgola se determina según factores tales como el entorno, el propósito de utilización además las preferencias estéticas del propietario. [13].

1.5 Bioclimatismo

El Bioclimatismo, en el contexto de la ingeniería, se refiere a la aplicación de principios asimismo las estrategias diseñadas para aprovechar las condiciones climáticas locales en la construcción de edificaciones. Este enfoque ha sido cultivado y empleado durante siglos por civilizaciones alrededor del mundo, como evidencia de la adaptación consiente en su entorno.

Un aspecto distintivo de estas construcciones es la presencia de diversas funciones solares pasivas que se relacionan directamente con el control térmico y la facilitación de la ventilación natural. Estas funciones, incorporadas de manera ingeniosa en el diseño, colaboran para mejorar la comodidad térmica dentro de las viviendas. [14].

1.5.1 Construcciones bioclimáticas.

La construcción bioclimática es un enfoque arquitectónico de ingeniería que se fundamenta en la comprensión, el aprovechamiento de varias condiciones climáticas de la localidad, logrando edificaciones sostenibles y eficientes que busca maximizar la eficiencia energética. Este enfoque tiene como objetivo armonizar la construcción con el entorno natural, ajustando el diseño de las edificaciones a las condiciones climáticas específicas de la región en la que se encuentran.

En lugar de confiar únicamente en sistemas mecánicos para calefacción, refrigeración o iluminación, la construcción bioclimática se esfuerza por aprovechar al máximo los recursos naturales, como la luz solar y la ventilación natural, con el objetivo de mejorar el confort térmico adicional disminuir el impacto ambiental. Además, esta perspectiva suele emplear materiales locales también en prácticas de construcción sostenibles, promoviendo así la integración armoniosa de las edificaciones con su entorno asimismo fomentando prácticas constructivas respetuosas con el medio ambiente, la construcción bioclimática presenta un paradigma que busca la coexistencia equilibrada entre la arquitectura, la naturaleza y la eficiencia energética [15]. Figura 11.



Figura 11. Domicilio bioclimático [16].

1.5.2 Metodología para construcciones bioclimáticas

La ilustración a continuación muestra la metodología de investigación, compuesta por 6 etapas principales. La primera fase se enfoca en la selección de lugares para el estudio considerando la diversidad de precios de la energía, el PIB per cápita y las condiciones climáticas. En el segundo paso, se detallan las características y los datos de entrada de un edificio residencial estándar esenciales para la simulación energética dinámica mediante software especializado. La tercera etapa presenta las estrategias de diseño bioclimático que han sido objeto de investigación. A continuación, se evalúan las métricas económicas y ambientales utilizadas para medir el rendimiento de cada estrategia. Posteriormente, se exponen y analiza los resultados de la simulación energética, centrándose en la conservación de energía, la reducción de emisiones de CO2 como los beneficios económicos. Finalmente, la sexta fase se dedica a la recomendación de estrategias de diseños aplicables, considerando el nivel de accesibilidad energética de las condiciones climáticas específicas dependiendo de su ubicación [17]. Como se puede ver en la figura 12.

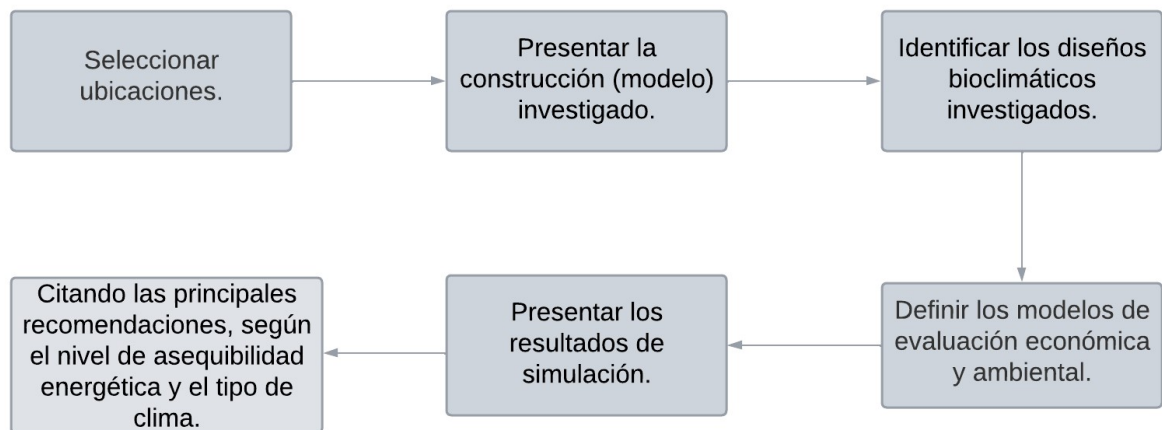


Figura 12. Metodología para construcciones bioclimáticas [17].

1.6 Pérgolas bioclimáticas

Las pérgolas bioclimáticas son estructuras arquitectónicas diseñadas para dar confort ambiental en espacios exteriores, aprovechando de forma óptima las condiciones climáticas locales. Estas estructuras se componen de lamas orientables que permiten ajustar la cantidad de luz y la ventilación, adaptando a las necesidades específicas de los usuarios con las variaciones climáticas. La función principal de las pérgolas bioclimáticas es crear un microclima agradable al aire libre, ofreciendo protección contra la radiación solar intensa, asimismo la circulación de aire. También, su diseño busca la integración estética con el entorno, utilizando materiales sostenibles con técnicas de construcción que favorezcan la armonía del entorno. Figura 13.



Figura 13. Pérgola bioclimática [18].

Estas estructuras no sólo añaden valor a lo estético de los espacios exteriores, también contribuyen a la eficiencia energética disminuyendo la dependencia de sistemas de climatización artificiales. Las pérgolas bioclimáticas presentan una solución versátil y sostenible para mejorar la habitabilidad en áreas al aire libre [19].

1.7 Partes de una pérgola bioclimática

En este contexto, cada elemento de la pérgola bioclimática cumple una función crucial en la creación de un entorno que se adapta a las variaciones de las condiciones climáticas. Cada 1 de los detalles se ha concebido para proporcionar una experiencia al aire libre personalizada y confortable [19]. Como se ve en la figura 14.

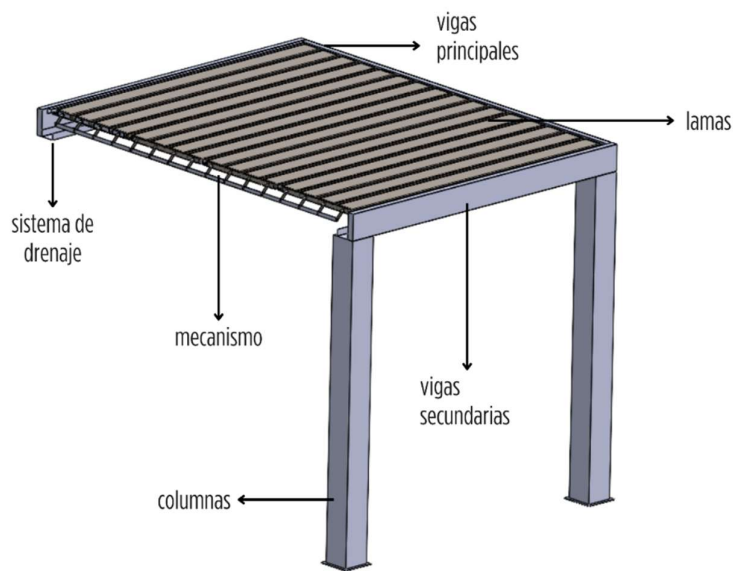


Figura 14. Partes de una pérgola

1.7.1 Laminas

Las laminas en una pérgola bioclimática son elementos esenciales que aportan significativamente a su funcionalidad y versatilidad. Estas láminas horizontales, dispuestas en la parte superior, son ajustables para controlar la entrada de luz, la ventilación de igual manera la protección contra las inclemencias del tiempo.

Su diseño permite a los usuarios personalizar la experiencia al aire libre según las condiciones climáticas de preferencias. En días calurosos, las laminas se ajustan para proporcionar sombra para mantener un ambiente fresco; en días más fríos, se abren para posibilitar el ingreso de luz natural y calor.

Es crucial destacar que estas lamas deben someterse a una simulación de flexión al utilizar materiales anticorrosivos. Este estudio mecánico asegura la durabilidad y resistencia de la pérgola, garantizando un rendimiento óptimo a lo largo del tiempo.

Las lamas no solo añaden funcionalidad o diseño a la pérgola, sino que su calidad con la resistencia mecánica es fundamental para una experiencia duradera y satisfactoria al aire libre. [20]. Ver figuras 15 y 16.

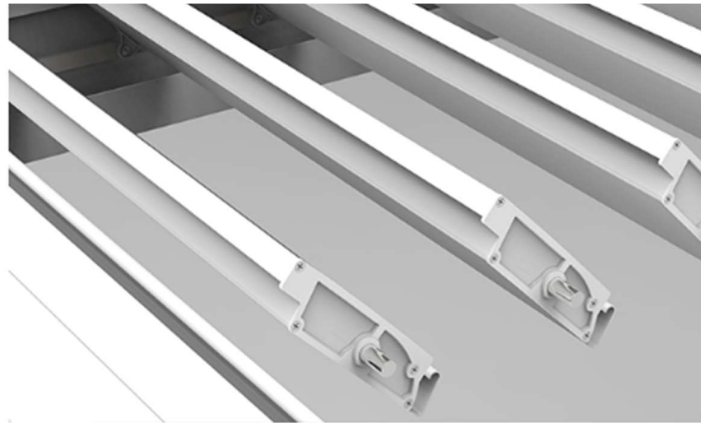


Figura 15. Lamas de pérgola bioclimática [21]



Figura 16. Sección transversal de lama [21]

1.7.2 Mecanismo

El mecanismo mecánico para abrir las lamas de una pérgola bioclimática es una parte importante que proporciona control y versatilidad en la estructura. Hay varios mecanismos que permiten manipular las lamas, uno de los diseños más comunes implica el uso de un sistema de motorización.

En este sistema, cada lama está conectada a un mecanismo motorizado que permite su apertura, cierre mediante un control remoto o un interruptor. Los motores suelen ser silenciosos y eficientes, proporcionando un movimiento suave y preciso.

Además, es posible encontrar pérgolas bioclimáticas con sistemas manuales que utilizan una manivela o una barra de torsión para ajustar la posición de las lamas. Este enfoque manual puede ser una opción más económica y adecuada para aquellos que prefieren un control más directo sobre la orientación de las lamas.

El funcionamiento de apertura de las lamas de la pérgola bioclimática se divide en dos tipos: automatizadas que consta de un sistema de motor, control remoto, manual, de función simplificada con una manivela o barra de torsión. La elección de estos sistemas dependerá de las preferencias individuales, el presupuesto y el nivel de automatización deseada [22]. Figura 17.



Figura 17. Mecanismo para lamas [23]

1.7.3 Sistema de drenaje

Los métodos de drenaje de una pérgola bioclimática son fundamentales para la función exitosa de este sistema, para asegurar la eficaz gestión de las aguas pluviales y mantener el espacio protegido de las inclemencias del tiempo. Diseñado con ingenio, este sistema se integra de manera discreta en la estructura, aportando funcionalidad sin comprometer la estética general de la pérgola.

Las pérgolas bioclimáticas suelen incorporar un sistema de canalización y recolección de agua que permite dirigir las precipitaciones hacia puntos específicos. Estratégicamente ubicados, estos canales evacuadores transportan el agua de manera eficiente hacia los pilares de la pérgola, desde donde se canaliza asimismo se dirige al sistema de drenaje externo.

Este sistema de drenaje puede estar compuesto por desagües integrados en los propios pilares, evitando así acumulaciones innecesarias de agua en la estructura. La implementación cuidadosa de estos elementos asegura que la lluvia se gestione de manera controlada que no interfiera con la comodidad de los usuarios, brindando así un espacio que responde a sus necesidades y preferencias.

El sistema de desagüe de una pérgola bioclimática constituye una pieza importante en la protección contra las precipitaciones, asegurando un ambiente interior seco y confortable mientras mantiene la elegancia estética de la estructura [24]. Según figura 18.



Figura 18. Sistema de drenaje para pérgola bioclimática [23]

1.7.4 Estructura

La pérgola bioclimática se compone de un marco robusto construido con materiales resistentes a la intemperie, como aluminio extruido, acero inoxidable, acero negro con pintura anticorrosiva o madera tratada. Este marco se erige sobre pilares estratégicamente ubicados para garantizar estabilidad y resistencia. Ver figura 19.



Figura 19. Estructura de pérgola bioclimática [25]

1.8 Efecto bioclimático de pérgolas

Las pérgolas bioclimáticas se destacan por la capacidad para proporcionar un confort excepcional a sus usuarios, y esto se logra mediante el control exacto de la orientación de sus Lamas. Estas lamas pueden ajustarse a ángulos específicos como 0° , 45° , 90° y 135° , según se ilustra en la imagen adjunta. Este diseño modular y versátil permite una adaptación eficiente a las condiciones climáticas cambiantes, optimizando así la protección contra la radiación solar directa, regulando la entrada de la luz y ventilación, y garantizando un entorno agradable en todo momento [26]. Figura 20.

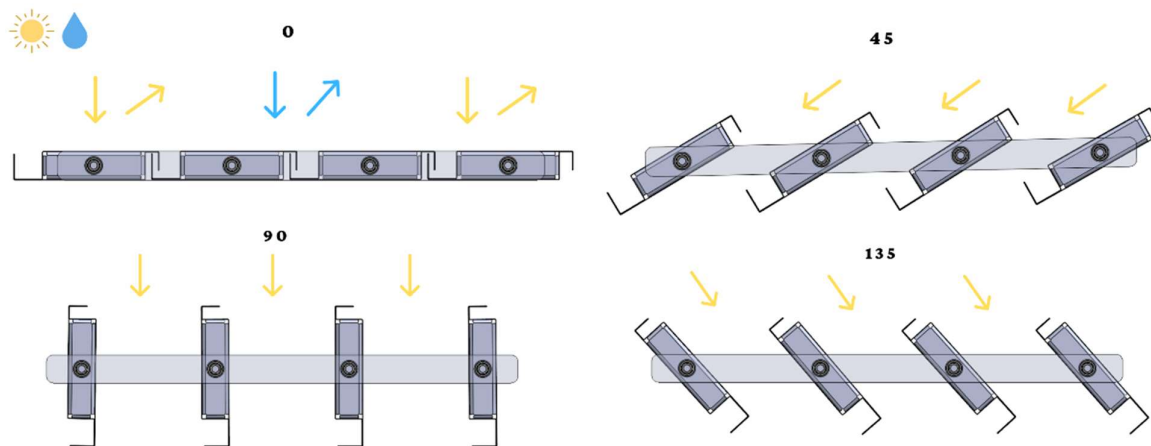


Figura 20. Tipo de apertura de las lamas 0°, 45°, 90°, 135°

1.9 Conclusiones del capítulo

Se presentó un resumen de información sobre pérgolas y bioclimatismo con base en la información más relevante de investigaciones relacionadas, con la finalidad de identificar las características de una pérgola bioclimática y como se constituyen sus elementos para cumplir los objetivos planteados.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

El propósito de este capítulo es cumplir con los requisitos del usuario mediante la recopilación, comparación, análisis de diversas alternativas de lamas, mecanismo mecánico y actuadores, aquí se procederá a la identificación de las partes importantes para el diseño y simulación de las pérgolas bioclimáticas. Además, se diseñarán diferentes modelos de lamas, con materiales, para seleccionar la opción más adecuada para la construcción, considerando aspectos como resistencia, durabilidad como también costos.

Dado su carácter comparativo, se omitirán las opciones menos funcionales. A continuación, se pueden observar los componentes de una pérgola bioclimática. Ver figura 21.

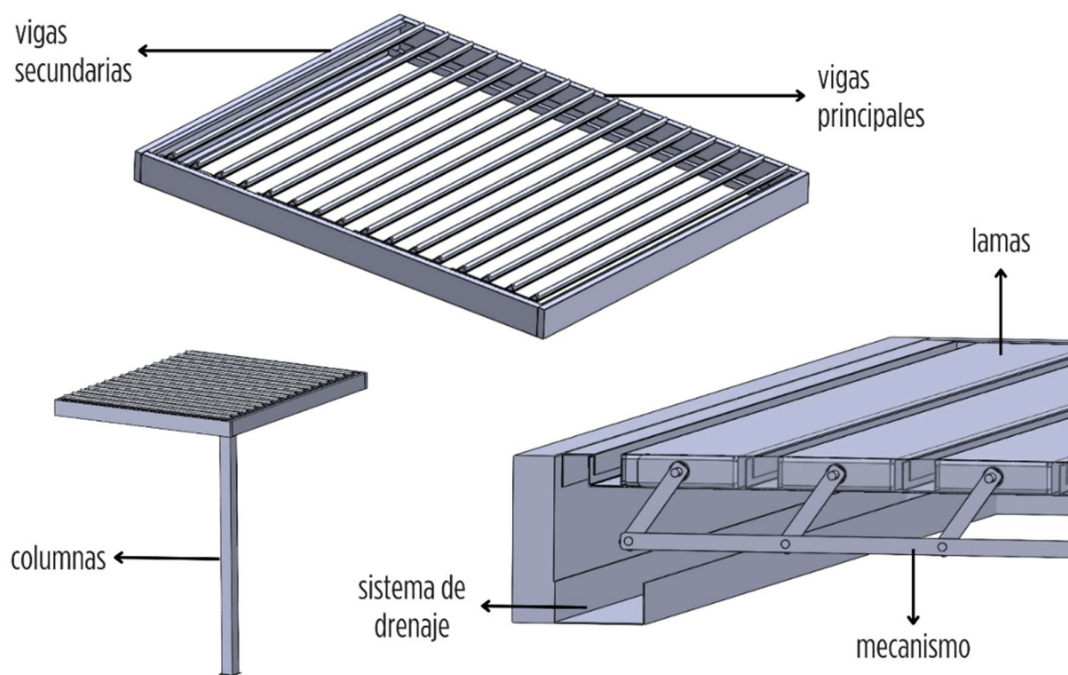


Figura 21 Partes importantes de una pérgola bioclimática.

2.1 Mentefacto de proceso

En esta etapa del proyecto, se presenta el gráfico estructural de proceso, que visualiza de manera gráfica los pasos a seguir. Este mentefacto muestra claramente la secuencia de Identificación de opciones iniciales, establecimiento de criterios de evaluación, toma de decisiones, diseño, validación de funcionamiento en software especializado y análisis financiero. Cada paso está acompañado por una breve referencia que destaca su propósito dentro del proceso, al seguir este mentefacto de proceso, nuestro objetivo es identificar de manera efectiva la opción más favorable en el marco de nuestra investigación. Como se puede ver en la figura 22.

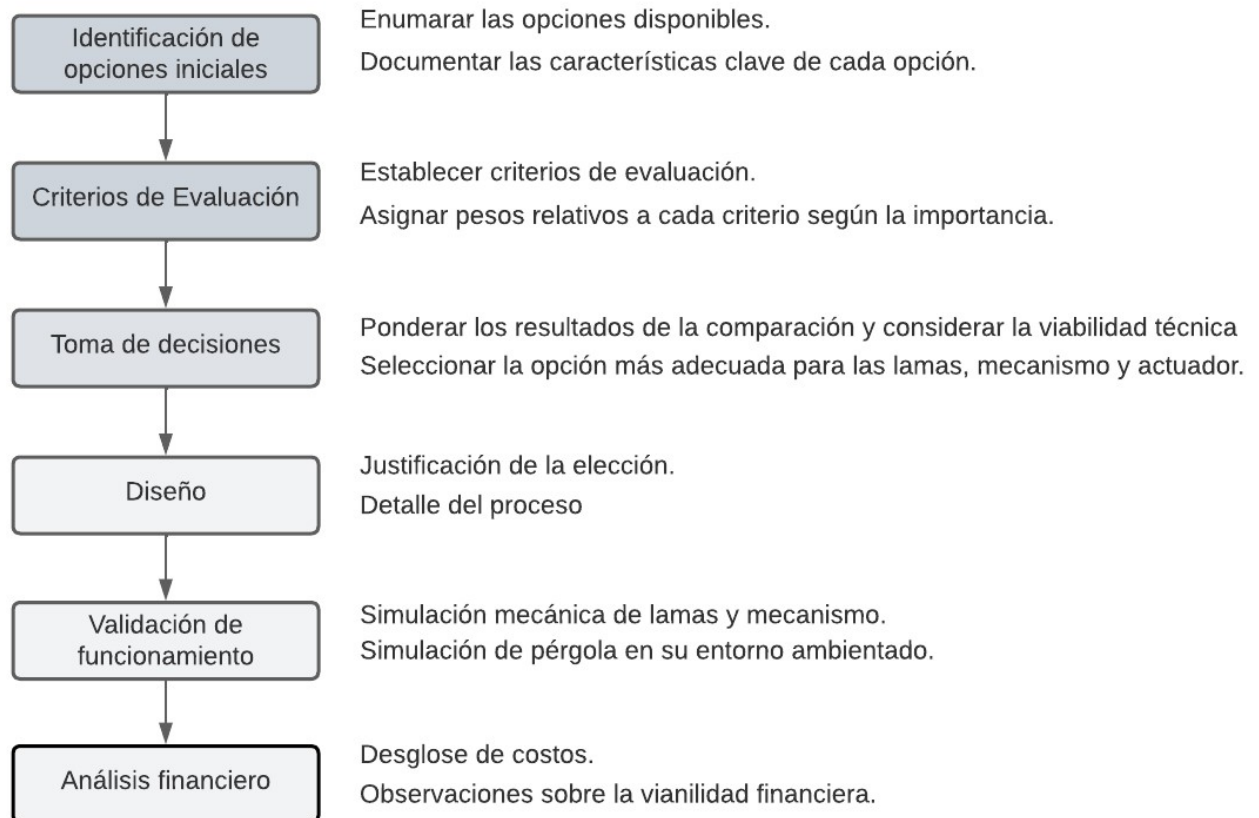


Figura 22. Diagrama de flujo

2.2 Identificación de opciones iniciales

En este contexto se identifican opciones iniciales de las partes fundamentales para el diseño y fabricación de la pérgola, por lo que se definirán parámetros importantes para verificar la opción más viable posible en la toma de decisiones.

Se establecen los criterios con parámetros que se utilizarán para evaluar y comparar las opciones. Estos pueden incluir factores como viabilidad técnica de fabricación, costo, funcionalidad, sostenibilidad, impacto ambiental, entre otros.

A continuación, se presentan tres opciones de diseño para lamas, mecanismos y actuadores. De estas alternativas, se seleccionará la más recomendada para llevar a cabo el diseño asimismo la simulación.

2.3 Alternativas diseño de Lamas

2.3.1 Opción 1: lamas con dobleces de 135°

La ilustración presente exhibe el primer diseño de lama, caracterizado por sus pliegues de aproximadamente 135°, con especial atención a detalles como la ceja en el extremo. Este diseño presenta desafíos en la fabricación, dado que, en la opción de fabricarlo con chapa metálica, requiere doblado en una máquina que no permite realizar pliegues tan pequeños y precisos, debido al tamaño de las muelas de esta. A pesar de las limitaciones en el proceso de fabricación, la funcionalidad del diseño es notable; el canal de la lama asegura un suministro eficiente, las dimensiones posibilitan un encaje perfecto entre las diversas partes, especialmente en el sistema de drenaje. Los detalles con pliegues aportan un nivel de sofisticación adicional y una estética contemporánea al conjunto. Ver figura 23.

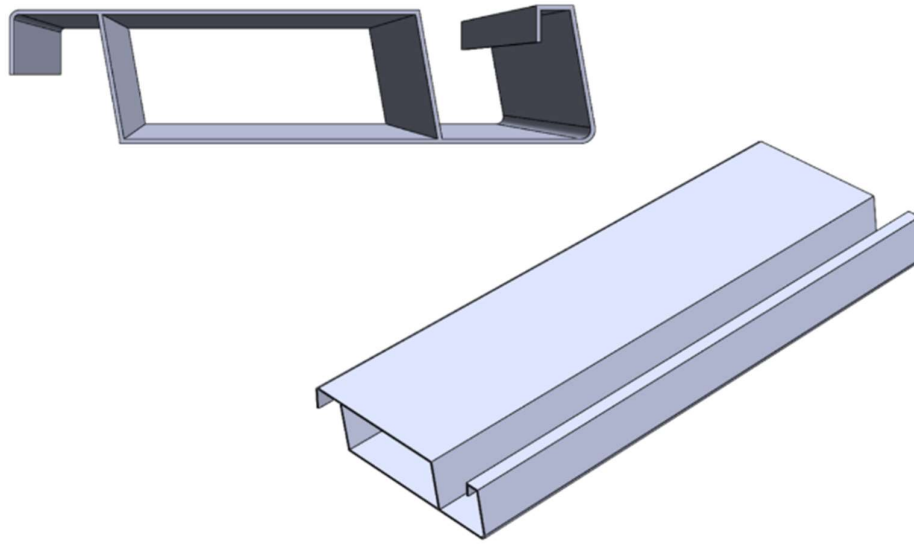


Figura 23. Diseño lama con pliegues a 135°

2.3.2 Opción 2: lamas con dobleces de 90° delgado

La siguiente descripción corresponde a un diseño de lama delgada con pliegues a un ángulo de 90°. Este diseño se destaca por su simplicidad de fabricación, evidenciada por la menor cantidad de pliegues con la mínima cantidad de material requerido debido a sus dimensiones. Sin embargo, es importante señalar que esta opción no garantiza seguridad, aunque podría considerarse como una elección viable. Un aspecto para considerar es la complicación que presenta en términos de impermeabilización, ya que carece de un sistema de drenaje eficaz. Los pliegues contribuyen a una apariencia visualmente sencilla, pero es crucial considerar la limitación asociada a la falta de un sistema de drenaje adecuado. Según figura 24.

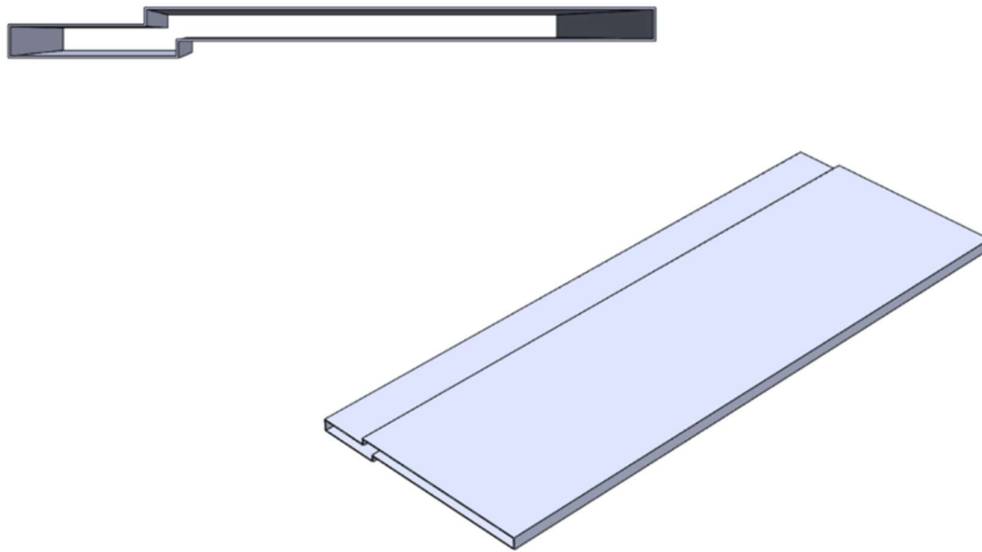


Figura 24. Diseño lama delgada con pliegues a 90°

2.3.3 Opción 3: lamas con dobleces de 90° grueso

El diseño presentado a continuación destaca por una lama con dimensiones similares a la primera opción, pero con pliegues a 90° que simplifican su proceso de fabricación. Este diseño es fácil de fabricar, ya que se utiliza chapa metálica, permitiendo realizar dobleces precisos a 90 grados. A diferencia de la primera opción, las dimensiones son propicias para la fabricación al tener en cuenta el tamaño de las muelas de la máquina, lo que simplifica el proceso. La funcionalidad es notable, ya que el canal de abastecimiento y las dimensiones posibilitan un ajuste perfecto entre las diferentes partes de las lamas, especialmente en el sistema de drenaje. Los dobleces no solo aportan seguridad, sino que también confieren un diseño más modesto. Figura 25.

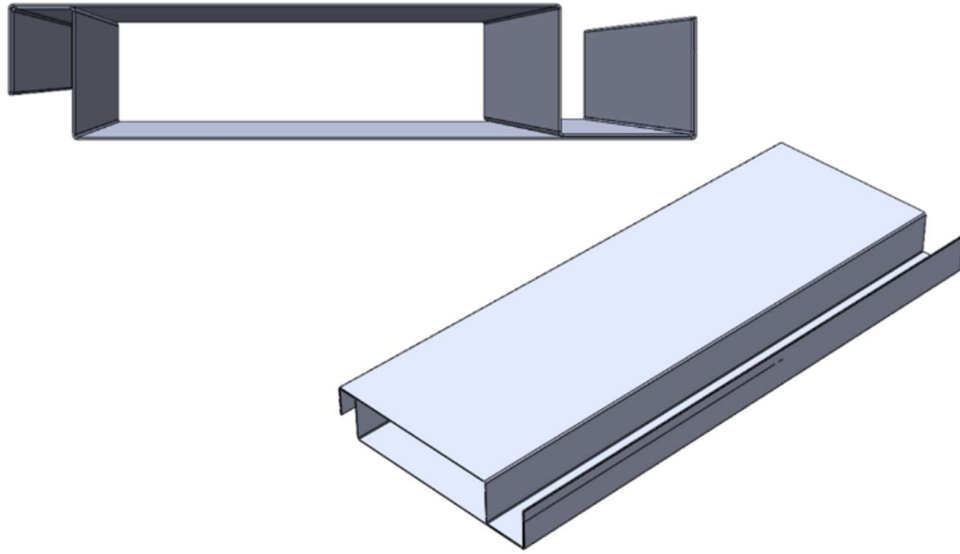
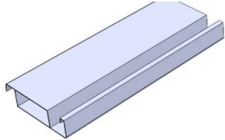
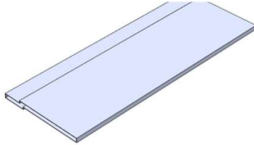
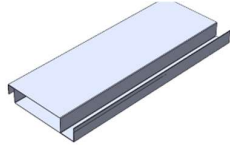


Figura 25. Diseño ideal de lama con pliegues a 90° dimensionamiento grueso.

2.3.4 Criterios de evaluación: calificación de lamas

En esta tabla de análisis se exhiben las tres opciones de lamas, donde se definen parámetros de factibilidad que sirven como estándares o criterios para evaluar, medir la calidad, eficacia y adecuación de las lamas en diversos diseños destinados a su fabricación. La evaluación se realizará en escala del 1 al 5, siendo 1 considerado como insatisfactorio y 5 como excelente. Ver tabla 1.

Tabla 1. Ponderación de resultados en la comparación de lamas

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
			
Fluidez en la manufactura	1	3	4
Funcionalidad	5	2	5
Estética	5	3	4
Seguridad	5	2	5
Total	16	10	18

2.3.5 Toma de decisiones: selección de lama

Tras considerar los criterios de evaluación en base a los parámetros predefinidos, se concluye que la alternativa más adecuada para el diseño y fabricación de las lamas es la opción 3. Esta elección se respalda en el análisis de factibilidad, que examina su viabilidad técnica de fabricación, su funcionalidad operativa más los aspectos de seguridad. Después de una ponderación cuidadosa, se determina que la opción 3 destaca como la más favorable, obteniendo una puntuación de 18. Esta elección se enfoca en optimizar el éxito funcional de acuerdo con los parámetros establecidos, garantizando así el progreso efectivo y exitoso del proyecto.

2.4 Alternativas diseño de Mecanismo

2.4.1 Opción 1: mecanismo lineal

Se trata de un sistema diseñado para permitir el movimiento lineal de un objeto de manera suave y controlada, con la capacidad de retraerse o extenderse según sea necesario. Su función principal radica en facilitar el desplazamiento preciso como también seguro de componentes en diversas áreas, como la industrial, automotriz, mobiliaria, entre otras. La cremallera del sistema impulsa varios piñones que generan movimientos angulares en cada una de las lamas, contribuyendo así a su desplazamiento. Este mecanismo ha sido evaluado considerando aspectos de fabricación, funcionalidad, estética, seguridad, destacando su versatilidad y aplicabilidad en distintos contextos. Ver figura 26.

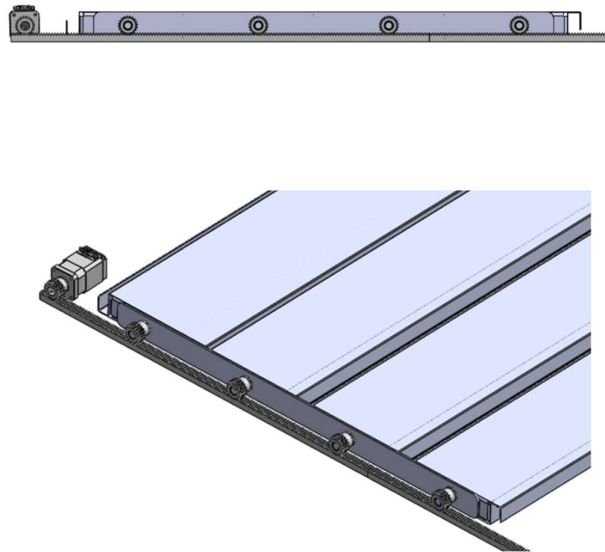


Figura 26. Mecanismos de deslizamiento retráctil con cremallera

2.4.2 Opción 2: mecanismo rotativo

El mecanismo de paralelogramo accionado linealmente emplea una palanca para lograr un controlado movimiento lineal, convirtiendo así un movimiento rotativo en desplazamiento

lineal. Su diseño es adaptable a diversas aplicaciones, centrándose en la transmisión de energía entre puntos para generar movimiento rectilíneo.

Este mecanismo incorpora múltiples barras que inducen movimientos angulares en cada lama, confiriendo características de fabricación eficientes, destacando en funcionalidad, manteniendo una estética atractiva y asegurando niveles óptimos de seguridad. Como se observa en la figura 27.

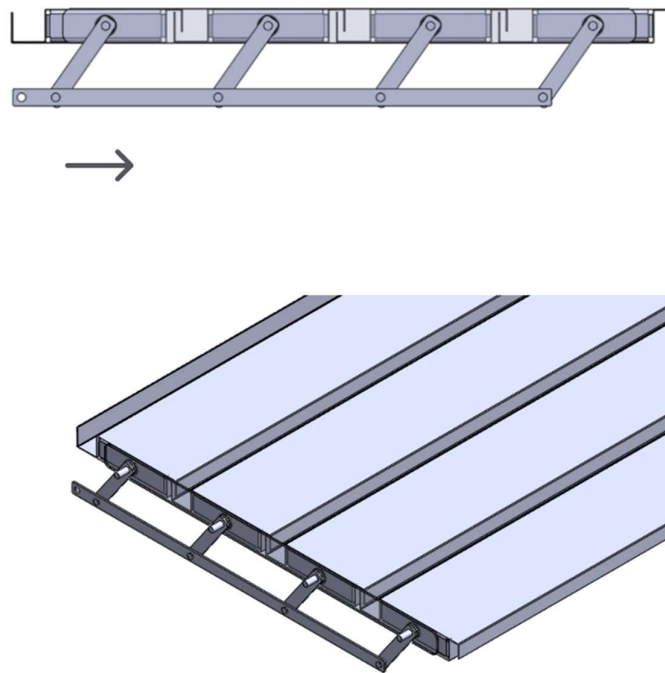


Figura 27. Mecanismo de accionamiento lineal

2.4.3 Opción 3: mecanismo paralelogramo

El mecanismo con accionamiento directo al eje se caracteriza por transmitir la energía directa desde una fuente motriz al eje de salida, mediante un mecanismo de paralelogramo, prescindiendo de elementos de transmisión adicionales como engranajes, correas o cadenas. Este enfoque busca minimizar las disipaciones de energía y optimizar la eficiencia al establecer un enlace directo entre la fuente de energía y el elemento en funcionamiento. En términos de fabricación, se destaca por su eficiencia, con una funcionalidad óptima, una estética

satisfactoria y un nivel elevado de seguridad. Estas características hacen que el mecanismo con accionamiento directo al eje sea una opción integral para diversos contextos de aplicación. Figura 28.

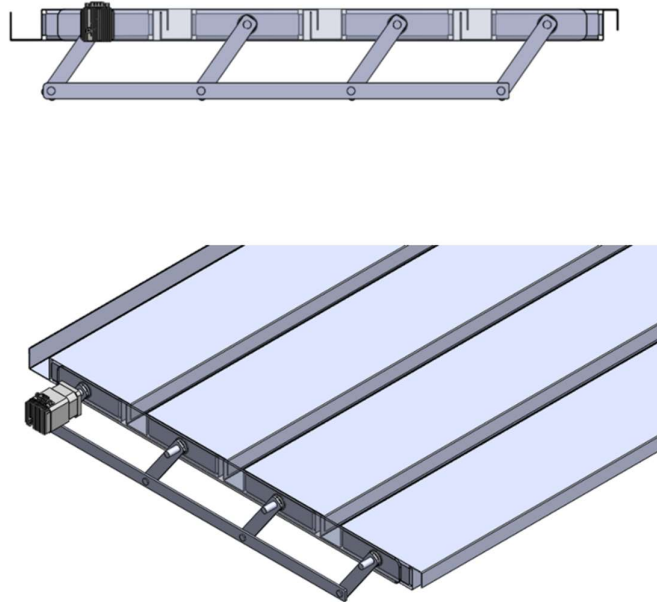
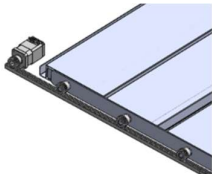
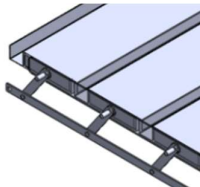
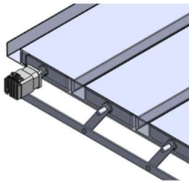


Figura 28. Mecanismo directo al eje

2.4.4 Criterios de evaluación: calificación de mecanismo

Este cuadro exhibe las tres opciones de mecanismos definidas, sometiéndose a un análisis exhaustivo para determinar la opción más viable. Se establecen parámetros de factibilidad que actúan como estándares o criterios para evaluar la fluidez en la manufactura, funcionalidad, estética, seguridad y el ensamblaje con actuadores. La evaluación se realizará en una escala del 1 al 5, donde el nivel 1 se considera como no satisfactorio y el nivel 5 como excelente. Ver tabla 2.

Tabla 2. Ponderación de resultados en la comparación de mecanismos

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
			
Fluidez en la manufactura	4	4	4
Funcionalidad	4	5	5
Estética	4	4	5
Seguridad	4	5	5
Ensamblaje con actuador	4	3	4
Total	20	21	23

2.4.5 Toma de decisiones: selección del mecanismo

Tras llevar a cabo una exhaustiva evaluación de tres alternativas para el sistema de apertura y cierre de las lamas en la pérgola bioclimática, se ha determinado que la opción más idónea es el accionamiento directo al eje. Este sistema, que hace uso de un paralelogramo, se distingue por su accionamiento directo al eje, una característica que ha sido fundamental en la elección realizada. La preferencia por este mecanismo se fundamenta en diversas razones esenciales, entre las cuales destaca el ahorro de espacio, elemento crucial para lograr un diseño compacto y funcional de la pérgola. Además, al reducir la cantidad de componentes necesarios, se disminuye la probabilidad de daños, la necesidad de mantenimientos frecuentes, lo que contribuye a la eficiencia y durabilidad del sistema.

La simplicidad inherente al accionamiento directo al eje no solo optimiza la fiabilidad del sistema al reducir la complejidad, sino que también concuerda con nuestra visión de optimizar recursos. La menor cantidad de piezas, la simplicidad en el diseño tiene un impacto positivo en la eficiencia energética y la sostenibilidad del proyecto. En consecuencia, con una calificación total de 23 en la evaluación, se concluye que el mecanismo seleccionado para la apertura o cierre de las lamas en la pérgola bioclimática será el accionamiento directo al eje, respaldado por su eficiencia, confiabilidad y su contribución a la optimización de recursos.

2.5 Actuador

2.5.1 Opción 1: actuador hidráulico o neumático

Utiliza un fluido incompresible generalmente aceite hidráulico, como medio de transmisión de energía, son sistemas complejos debido a la necesidad de bombas, válvulas, conductos para controlar el fluido, el mantenimiento debe ser constante porque la calidad de fluido debe ser adecuados para evitar contaminación y desgaste de los componentes. Figura 29.

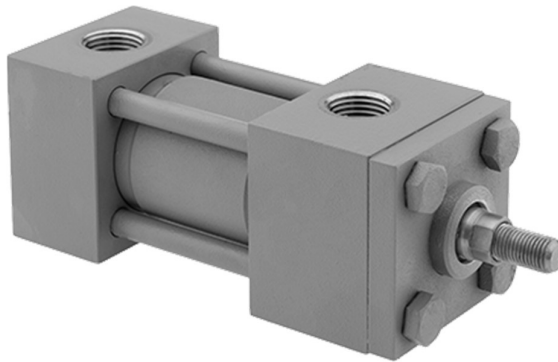


Figura 29. Actuador hidráulico [27].

2.5.2 Opción 2: motor eléctrico

Adecuado para aplicaciones de mayor potencia, requiere un dispositivo adicional, como un variador de frecuencia, para controlar la velocidad y necesita un codificador, para establecer parámetros que permitan que las lamas se posicionan en los ángulos mencionados anteriormente. Según figura 30.



Figura 30. Motor eléctrico AC [28].

2.5.3 Opción 3: motor paso a paso

Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que transforma impulsos eléctricos en movimientos angulares específicos y precisos. Su principal característica es el torque constante que proporciona, incluso cuando está detenido, facilitando así la retención de posiciones sin necesidad de un freno adicional. Con pasos mínimos muy precisos, la resolución del motor se determina por la cantidad de pasos por revolución, lo cual lo convierte en una opción óptima para aplicaciones que necesitan un control preciso de la posición. Además, su alta programabilidad permite controlar la dirección, velocidad y detención del motor mediante secuencias específicas de pulsos eléctricos, ofreciendo flexibilidad en la automatización de tareas. Como se observa en la figura 31.

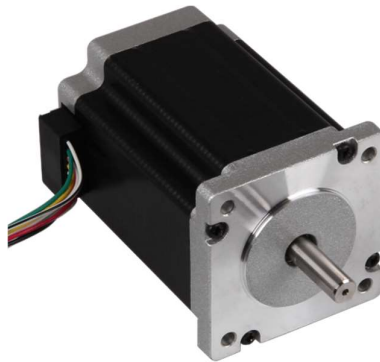


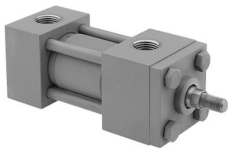


Figura 31. Motor paso a paso NEMA23 [29].

2.5.4 Criterios de evaluación: calificación de actuador

En este cuadro se exhiben tres opciones de actuadores, que se llevará a cabo una evaluación detallada considerando los cuatro criterios mencionados. Cada actuador será evaluado utilizando una escala predefinida para cada criterio, asignándole un puntaje ponderado. Después de la evaluación, la opción con el puntaje más alto global se seleccionará como elección final. Este proceso asegura una toma de decisiones informada alineada con las prioridades del

proyecto. La evaluación se realizará en una escala del 1 al 5, donde 1 será considerado como la opción menos favorable y 5 como excelente. Tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Ponderación de resultados en la comparación de actuadores

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
			
Funcionalidad	5	5	5
Estética	5	4	5
Seguridad	4	4	5
Confiabilidad	4	4	5
Total	18	17	20

2.5.5 Toma de decisiones: selección de actuador

Tras un análisis exhaustivo basado en los parámetros establecidos, se ha seleccionado la opción 3, que corresponde al motor paso a paso, como la elección para el actuador. Esta decisión se fundamenta en la evaluación detallada de los criterios de funcionalidad, estética, seguridad y confiabilidad, la opción 3 se destaca como la elección más equilibrada, obteniendo un puntaje de 20, gracias a su torque constante, pasos mínimos muy precisos y alta programabilidad en términos de desplazamiento, velocidades, entre otros.

CAPÍTULO III

DISEÑO

En este capítulo, titulado "Diseño", se realizará un análisis detallado para afirmar la idoneidad de la pérgola bioclimática, este espacio es concebido como un espacio recreacional, se destina a proporcionar un entorno propicio para el descanso y disfrute. A través de este capítulo, se abordan aspectos cruciales del diseño, considerando cuidadosamente las características técnicas y funcionales para asegurar la eficiencia de la pérgola. A continuación, se observa un render de pérgola bioclimática ambientada. Ver figura 32.



Figura 32. Render de la pérgola bioclimática ambientada

3.1 Diseño de pérgola completa

En esta fase del estudio, se observa el diseño integral de la pérgola para garantizar su funcionalidad mecánica, estética, elegante como también moderna. Se incorporarán características generales de pérgolas bioclimáticas, asegurando así no solo su rendimiento

estructural como mecánico, sino también su capacidad para adaptarse a las condiciones climáticas, proporcionar un entorno versátil y confortable. Según figura 33.



Figura 33. Diseño integral de pérgola bioclimática

3.1.1 Sistema de drenaje

El sistema de drenaje es importante en la fabricación de pérgolas bioclimáticas por varias razones clave, este sistema permite gestionar eficientemente el agua de lluvia para prevenir daños estructurales. Además, contribuye a evitar problemas de humedad, moho, deterioro de materiales, optimiza el confort del usuario y extiende la vida útil de la estructura. Un sistema de drenaje bien diseñado no solo cumple funciones prácticas, sino que también puede mejorar la estética general de la pérgola. Como se ve en la figura 34.

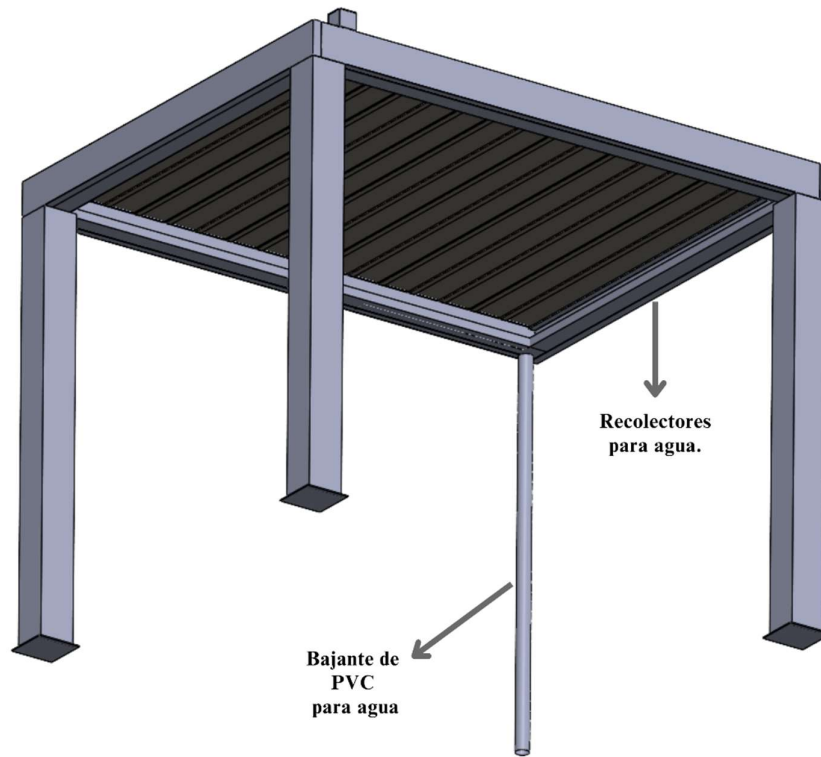


Figura 34. Vista isométrica de sistema de drenaje.

3.1.2 Ángulo de inclinación.

Mantener un ángulo de inclinación apropiado en los techos es esencial para asegurar un drenaje eficiente del agua de lluvia, previniendo problemas como filtraciones, goteras y daños estructurales. Además, un ángulo de inclinación adecuado desde el inicio puede resultar en ahorros significativos en costos de reparación a largo plazo, garantizando así la funcionalidad además la integridad estructural. En este proyecto, también es crucial que la lama y los colectores para agua de la pérgola bioclimática tengan una inclinación adecuada. Según las normas de techos metálicos, el rango de inclinación recomendado es de 1 a 5%. Considerando este parámetro, la longitud relativamente corta en comparación con la mayoría de las cubiertas con techo metálico, asegura un diseño acorde a estándares de calidad y funcionalidad [27]. Ver figura 35.

Donde,

β = ángulo de inclinación

L = longitud

$$\beta = L \times 2\%$$

$$\beta = 2400\text{mm} \times 0.02$$

$$\beta = 48\text{mm}$$

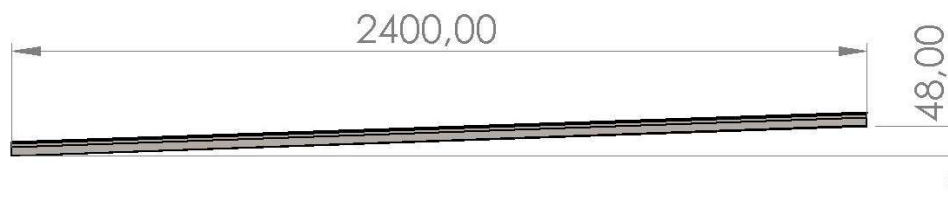


Figura 35. Lama con ángulo de inclinación

Además, es importante considerar que la elección de un ángulo del 2% para la inclinación de las lamas no solo cumple con los estándares técnicos, sino que también aporta beneficios estéticos. Al mantener un ángulo relativamente bajo, se logra que la pérgola se vea lo más recta posible desde una perspectiva visual, aportando un diseño contemporáneo y minimalista. Esta decisión no solo garantiza la funcionalidad, durabilidad, sino que también añade un componente estético que complementa la modernidad y simplicidad del entorno arquitectónico [31].

3.1.3 Sistema de colectores para agua

La implementación de un sistema de recolectores adquiere una importancia crucial, ya que los usuarios, de manera lógica, anhelan contar con un espacio completamente seco para su pérgola, evitando cualquier tipo de daño estructural o estético, como la corrosión ocasionada por la acumulación de agua. En este contexto, es esencial que estos canales de recolección sean

duraderos, razón por la cual la correcta elección de dimensiones y ángulo de inclinación se vuelve fundamental. Según figura 36.

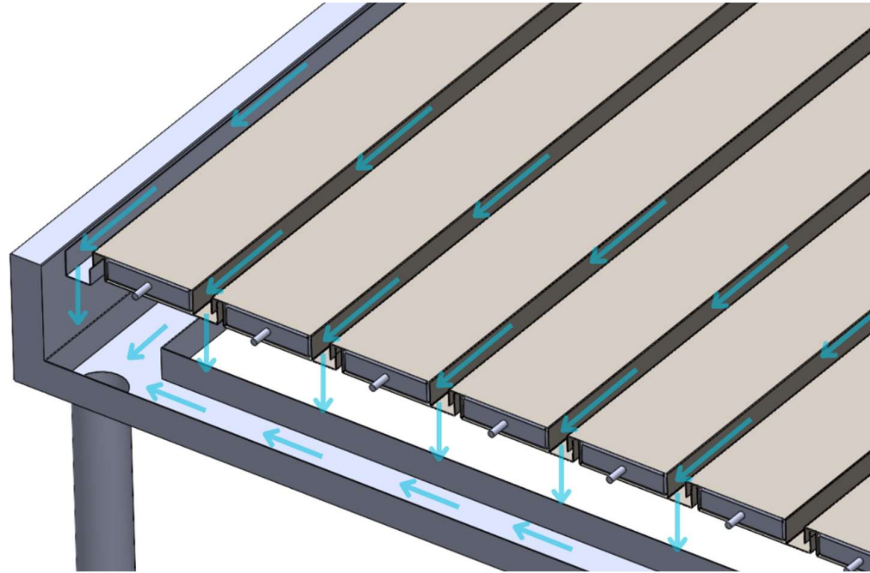


Figura 36. Sistema de drenaje

Considerando que se recomienda el uso de recolectores de 50 x 75 mm para cubiertas domiciliarias menores de 36 metros cuadrados, se ha dimensionado el recolector destinado a la pérgola con medidas de 50 x 110 mm. Esta elección garantiza un volumen adecuado para abarcar el caudal correspondiente a una pérgola de 8 metros cuadrados [32].

3.1.4 Caja de control

La caja de control en una pérgola bioclimática desempeña un papel crucial en la experiencia y funcionalidad de la domótica. Al situarse como el núcleo inteligente de la pérgola, esta caja coordina y dirige diversas funciones para proporcionar un ambiente óptimo. Supervisa y ajusta la inclinación de las lamas. En definitiva, la caja de control en una pérgola bioclimática es el componente central que transforma la estructura en un sistema inteligente y adaptable, mejorando significativamente la calidad y versatilidad del espacio exterior. Como se muestra en la figura 37.

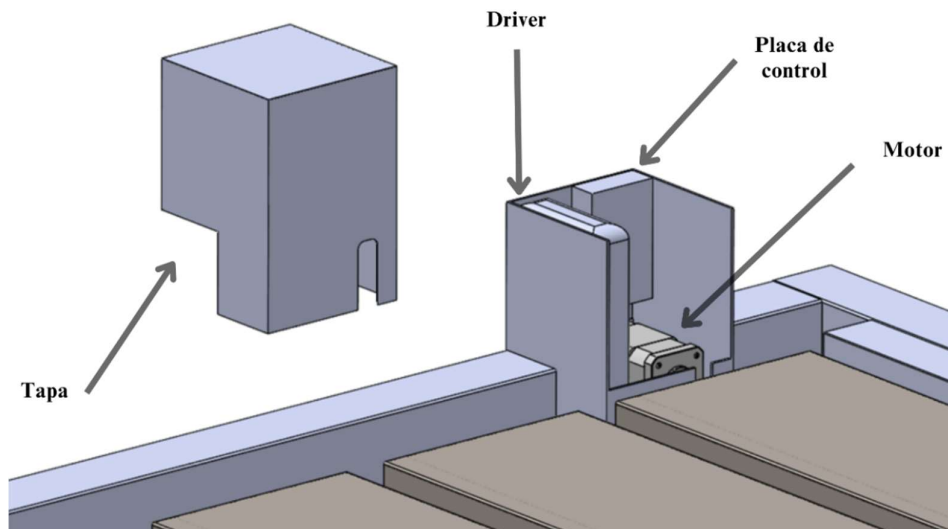


Figura 37. Vista isométrica de caja de control

3.2 Elección de material para lamas

Considerando la amplia gama de materiales disponibles, a continuación, se describen las características específicas de tres de ellos. Seguido de eso, se hará una ponderación para seleccionar la opción más adecuada.

3.2.1 Opción 1. Lamas de tol galvanizado

El acero galvanizado es una elección ideal para aplicaciones diversas, ya que se destaca por ser robusto, resistente a la corrosión y duradero. Además, ofrece opciones de diseño personalizado, permitiendo adaptarse a diferentes necesidades estéticas y funcionales. La galvanización desempeña un papel crucial al prevenir la oxidación, asegurando así una mayor longevidad del material.

Este tipo de acero no solo se caracteriza por su durabilidad, sino que también contribuye al control térmico al bloquear el exceso de luz solar y proporcionar sombra. Estas propiedades

hacen que sea una opción versátil y eficaz, especialmente en entornos donde se requiere resistencia a la corrosión y un manejo eficiente de la temperatura.

Además de sus cualidades técnicas, la facilidad de adquisición del acero galvanizado lo convierte en una opción conveniente para diversos proyectos. La combinación de su resistencia, durabilidad, capacidades de diseño personalizado y su contribución al control térmico lo posiciona como una solución integral para aplicaciones que demandan fiabilidad y rendimiento a largo plazo.

3.2.2 Opción 2. Lamas en PVC

El producto ofrecido destaca por ser robusto, resistente a la corrosión y duradero, con opciones de diseño personalizado que se adaptan a las preferencias individuales. Además, su construcción liviana y resistente a los impactos añade un componente de versatilidad y practicidad. Este producto no solo posee estas cualidades, sino que también contribuye eficazmente al bloqueo del exceso de luz solar, proporcionando una sombra beneficiosa que contribuye al control térmico, asegurando así una solución integral y eficiente para diversas necesidades.

3.2.3 Opción 3. Lamas en fibra de vidrio

El producto es robusto, resistente a la corrosión y duradero, además ofrece opciones de diseño personalizado. Es ligero, resistente a la intemperie y duradero, contribuyendo al control térmico al bloquear el exceso de luz solar y proporcionar sombra de manera efectiva.

3.2.4 Criterios de evaluación

En esta tabla de análisis se presentan las tres opciones de materiales para la fabricación de lamas, definiendo parámetros de durabilidad, diseño, mantenimiento y limpieza. La evaluación se realizará en una escala del 1 al 5, donde el nivel 1 se considera como no satisfactorio y el nivel 5 como excelente. Según tabla 4.

Tabla 4. Ponderación de resultados en la comparación materiales para lamas.

	Dura_ bilidad	Diseño aero_ dinámico	Mantenimiento y limpieza	Total
Tol galvanizado	5	3	5	13
PVC	2	3	5	10
Fibra de vidrio	3	5	3	11

3.2.5 Toma de decisiones de elección del material

Las lamas de acero galvanizado superan al PVC en durabilidad a largo plazo, siendo especialmente beneficiosas para estructuras exteriores expuestas a condiciones climáticas extremas. Ofrecen maleabilidad al permitir un control preciso de dobleces lineales, utilizando materiales fácilmente disponibles en el mercado ecuatoriano, facilitando la creación de un diseño aerodinámico adaptable a diversas condiciones climáticas y preferencias individuales. A pesar de la facilidad de limpieza compartida con el PVC y la fibra de vidrio, las lamas de acero galvanizado resaltan por su resistencia al deterioro a lo largo del tiempo, lo que reduce la necesidad de mantenimiento a largo plazo. Con una calificación total de 13, la opción de acero galvanizado se posiciona como la elección principal. Figura 38.



Figura 38. Vista isométrica de lamas ensambladas

3.3 Cálculos de validación para diseño de lamas y mecanismo

En esta sección, se verifica la viabilidad del diseño de la lama y el mecanismo a través de cálculos, obteniendo diversas conclusiones. Para iniciar con este análisis, se presenta a continuación una imagen con las medidas generales de la sección transversal de la lama. Como se muestra en la figura 39.

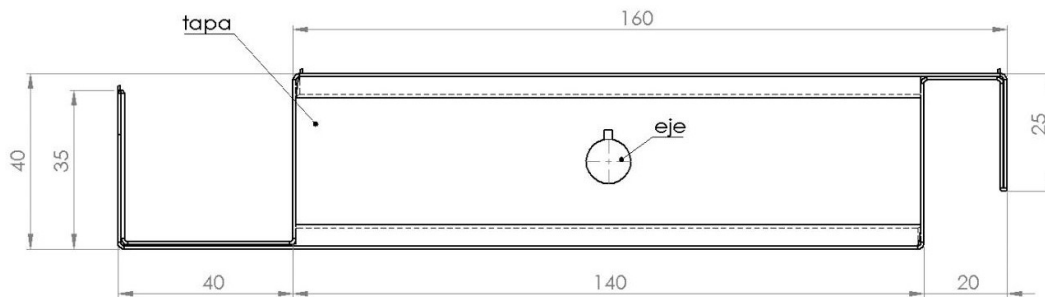


Figura 39. Medidas de sección transversal de lama

La lama es un componente conformado por dos materiales: la totalidad de su superficie está constituida por chapa metálica galvanizada en 0.7 mm de espesor, mientras que su núcleo central está compuesto por espuma de poliuretano, con una densidad de:

A continuación, se calcula la inercia con software especializado (SolidWorks), considerando que la posición del sistema de coordenadas está en el eje de giro de la lama. Figura 40.

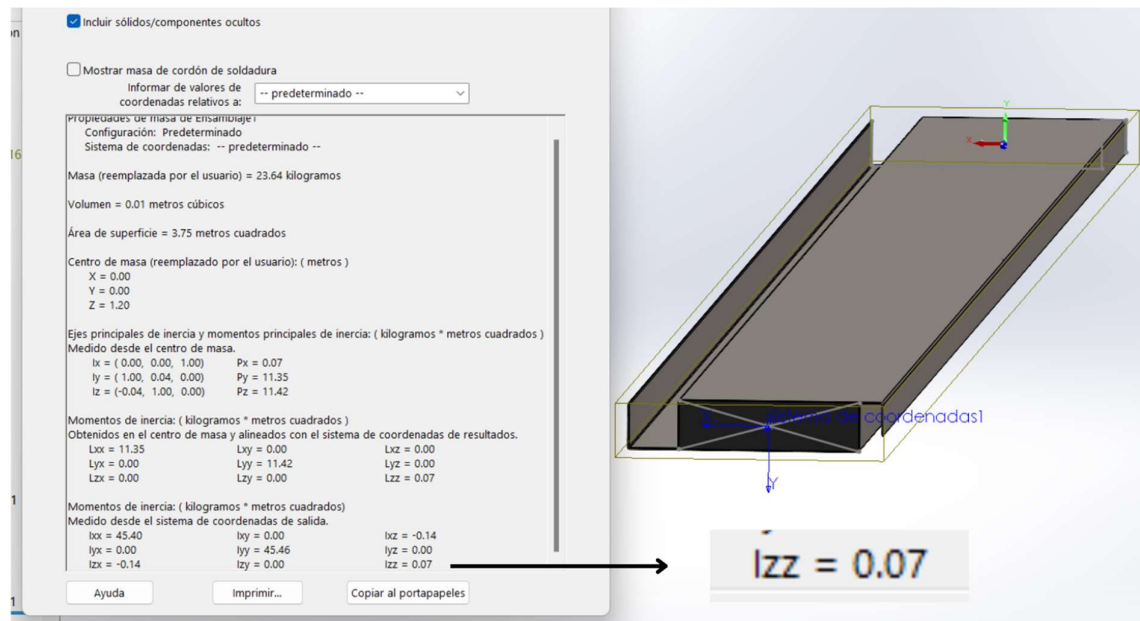


Figura 40. Cálculos de propiedades físicas de la lama mediante el uso de software especializado

Donde,

I: inercia

$$I = 0.07 \text{ Kg. m}^2$$

A continuación, se proporciona la carga para la cubierta de acuerdo con las normas ecuatorianas de construcción NEC. La pérgola se distingue por su ligera inclinación, clasificándose como una cubierta inclinada según las normas NEC, como se evidencia en el anexo 1.

Donde,

C: carga

$$Carga = 0.7 \frac{kN}{m^2}$$

Área de la superficie en contacto con la carga.

Donde:

A_l : Área de lama

L : longitud

$$A_l = 0.2 \times L$$

$$A_l = 0.2 \times 2.4 \text{ m}^2$$

$$A_l = 0.48 \text{ m}^2$$

Relación para conseguir carga en área de lama.

Donde,

C_l : carga de lama

$$C_l = \frac{0.7kN \times 0.48m^2}{1m^2}$$

$$C_l = 0.336 \text{ kN}$$

Porcentaje de área en superficie de lama. Ver figura 41.

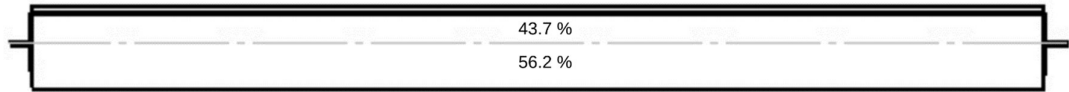


Figura 41 Porcentaje de área en superficie de lama.

Carga según porcentaje de superficie.

Donde,

C_{A1} : carga en área 1

C_{A2} : carga en área 2

$$C_{A1} = 0.437 \times 0.336 \text{ kN}$$

$$C_{A1} = 0.147 \text{ kN}$$

$$C_{A1} = 147 \text{ N}$$

$$C_{A2} = 0.562 \times 0.336 \text{ kN}$$

$$C_{A2} = 0.189 \text{ kN}$$

$$C_{A2} = 189 \text{ N}$$

Diagrama de cuerpo libre de la lama. Ver figura 42.

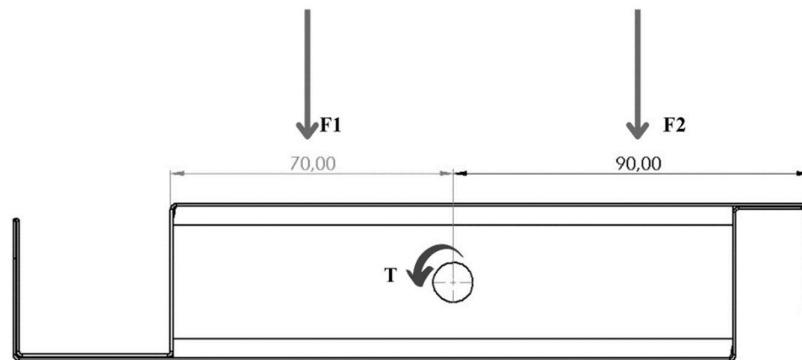


Figura 42 DCL de lama

Donde,

F_1 : fuerza 1

F_2 : fuerza 2

$$F_1 = 0.147 \text{ kN} = 147 \text{ N}$$

$$F_2 = 0.189 \text{ kN} = 189 \text{ N}$$

Considerando que se desea llegar con la lama a una inclinación de 45 grados, se transformará las unidades de grados a radianes.

Donde,

θ : desplazamiento angular

$$\theta = 45 \times \frac{\pi}{180}$$

$$\theta = 0.785 \text{ rad}$$

Ecuación de movimiento circular uniformemente acelerado (MCUA).

Donde,

θ_0 : desplazamiento inicial

ω_0 : velocidad angular inicial

α : aceleración

t : tiempo

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

Bajo consideraciones del fabricante, se desea que la lama se desplace 45 grados en 3 segundos, por ese motivo se llega a la conclusión de que $t=3$, se reemplaza valores en la ecuación MCUA.

$$0.785 \text{ rad} = 0 + 0 + \frac{1}{2} \alpha (3s)^2$$

$$\alpha = 0.174 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Ecuación de movimiento de masa en un eje.

Donde,

T : torque

$$\Sigma T = I \alpha$$

Reemplazo de datos en la ecuación mencionada.

$$T + (F_1 \times d_1) - (F_2 \times d_2) = I \times \alpha$$

$$T + (0.147 \text{ kN} \times 0.07 \text{ m}) - (0.189 \text{ kN} \times 0.09 \text{ m}) = 0.07 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \times 0.174 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$T = 0.019 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

3.3.1 Cálculo de esfuerzo

En este apartado se realizará cálculo estático que permite analizar la resistencia de la lama, especialmente centrándose en la flexión.

Para iniciar los cálculos, resulta vital identificar el Diagrama de Cuerpo Libre [DCL] correspondiente a la lama. Ver figura 43.

Donde,

w: fuerza distribuida linealmente

$$w = \frac{F_{eq.}}{L}$$

$$w = \frac{336 \text{ N}}{2.4 \text{ m}} = 140 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

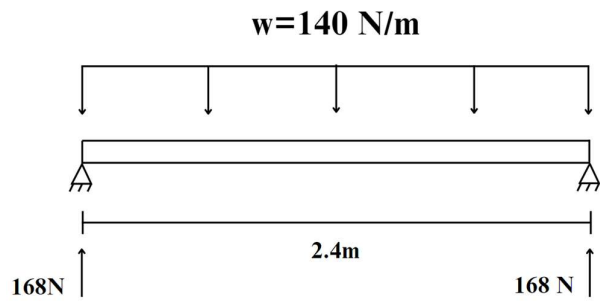


Figura 43 Desplazamiento de fuerza distribuida horizontal de la lama.

Diagrama de fuerza cortante.

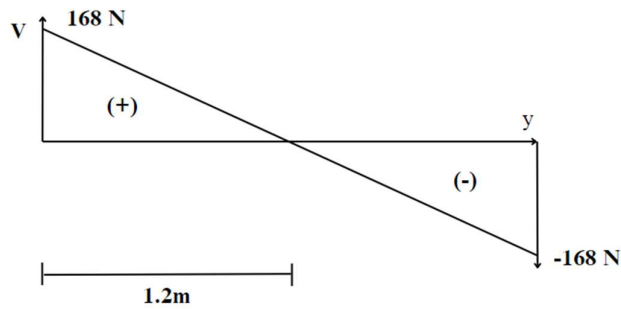


Diagrama y cálculo de momento flector. Según figura 44.

Donde,

A : área

$$A = \frac{1.2 \text{ m} \times 168 \text{ N}}{2} = 100.8 \text{ Nm}$$

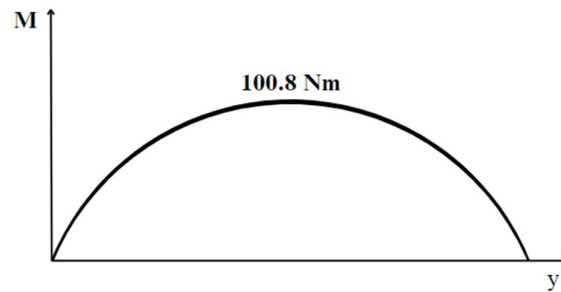


Figura 44. Momento flector

Cálculo de inercia en área transversal de lama, mediante software AutoCad. Ver figura 45.

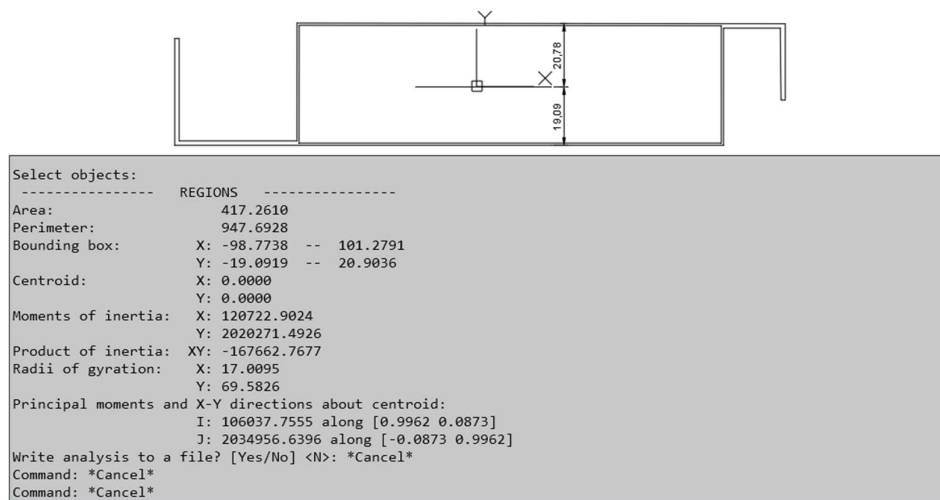


Figura 45. Cálculo de inercia en área transversal de lama

Cálculo de esfuerzo a tensión $[\sigma_T]$ y compresión $[\sigma_C]$

Donde,

σ : esfuerzo

σ_C : esfuerzo a compresión

σ_T : esfuerzo a tensión

M : momento flector

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$\sigma_c = \frac{100.8 \text{ Nm} \times 0.021 \text{ m}}{1.2 \times 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_c = 17640000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cong 17.64 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_T = \frac{100.8 \text{ Nm} \times 0.02 \text{ m}}{1.2 \times 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_T = 16800000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cong 16.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Cálculo del factor de seguridad [Fs]

Donde,

F_s : factor de seguridad

R : esfuerzo último

F : esfuerzo admisible

$$F_s = \frac{R}{F}$$

$$F_s = \frac{250 \frac{N}{mm^2}}{17.64 \frac{N}{mm^2}} = 14.17$$

3.3.2 Deflexión de la lama

Cálculo de deflexión [δ]

Donde,

δ : deflexión

E : módulo de elasticidad

$$\delta = \frac{3wL^4}{384EI}$$

$$\delta = \frac{3 \times 140 \frac{N}{m} \times (2.4 m)^4}{384 \times 206 \times 10^9 \frac{N}{m^2} \times 1.2 \times 10^{-7} m^4}$$

$$\delta = 0.00146 m \cong 1.46 mm$$

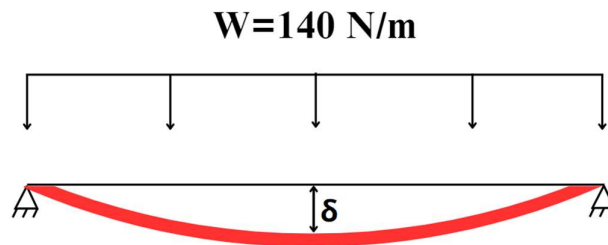


Figura 46. Deformación

Deformación máxima permitida $[\Delta]$, según norma AISC. Ver figura 46

Donde,

Δ : *deformación máxima*

$$\Delta = \frac{L}{500}$$

$$\Delta = \frac{2400 \text{ mm}}{500} = 4.8 \text{ mm}$$

3.4 Cálculo de torque para mecanismo

En la presente sección, se expone el modelado de una pérgola compuesta por 16 lamas, la cual será sometida a evaluación mediante cálculos. En el siguiente capítulo, se procederá a verificar la eficacia del modelo a través de simulaciones empleando software especializado. Como se muestra en la figura 47.



Figura 47. Pérgola con 16 lamas

Para el cálculo del torque, se tomará como referencia un desplazamiento angular de 34.39 grados, como se muestra en la figura a continuación. Figura 48.

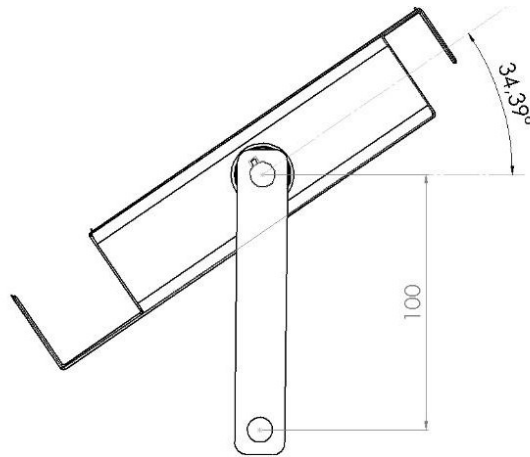


Figura 48. Lama con desplazamiento de 34.39 grados

Diagrama de cuerpo libre de las lamas. Ver figura 49.

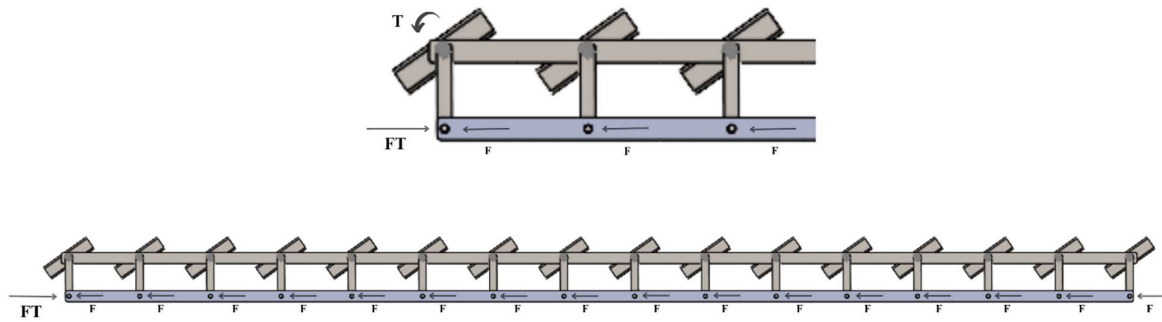


Figura 49. Mecanismo para el funcionamiento de 16 lamas

Ecuación que define fuerza total (FT).

Donde,

Ft: fuerza total

$$Ft = 16 (F)$$

Donde:

Cálculo de Fuerza [F]

Donde,

l: longitud de barra

$$T = FT \times l$$

$$0,019 \text{ kN.m} = 16 (F) \times 0,1 \text{ m}$$

$$\frac{0.019 \text{ kN.m}}{(16) \times (0.1 \text{ m})} = F$$

$$F = 1,188 \times 10^{-3} \text{ KN} \cong 1,188 \text{ N}$$

Con la aplicación de la fuerza de una lama, se calculará el torque correspondiente con el fin de determinar la cantidad de fuerza necesaria para generar movimiento en dicha lama. Como se muestra en la figura 50.

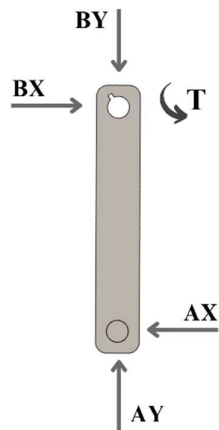


Figura 50. DCL de platina.

Sumatoria de momentos para cálculo de torque

Donde,

T : torque

L : longitud

$$T - Ax(l) = 0$$

$$T = 1.188N \times 0.1m = 0.1188 Nm$$

Cálculo de fuerza total [FT]

$$FT = 16(F)$$

$$FT = 16 \times 1.188 N$$

$$FT = 19.008 N$$

Torque mínimo [T_{min}] para desplazar de 0 grados a 34.39 grados.

Donde,

T_{min} : *torque minimo de motor*

$$T_{min} = FT \times l$$

$$T_{min} = 19 N \times 0.1m$$

$$T_{min} = 1.9 N.m$$

3.5 Dimensionamiento de motor

Para dimensionar el motor a requerir en el mecanismo, debemos obtener la potencia necesaria para el desplazamiento angular de las lamas.

Conversión de 45° a rad

$$\theta = 45^\circ \times \frac{\pi}{180} = 0.785 \text{ rad}$$

$$t = 3 \text{ s}$$

Cálculo de velocidad angular [ω]

Donde,

ω : *velocidad angular*

θ : *grados en radianes*

t: tiempo

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$$\omega = \frac{0.785 \text{ rad}}{3 \text{ s}} = 0.262 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Cálculo de potencia [P] para actuador.

Donde,

P: potencia

T: torque

ω : velocidad angular

$$P = T \times \omega$$

$$P = 1.9 \text{ N.m} \times 0.262 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,5 \text{ W}$$

De esta manera se determina que el torque mínimo necesario para el correcto funcionamiento del mecanismo con la lama a 34.4 grados es de 1.9 Nm y la potencia mínima para cumplir con la velocidad angular requerida de 0.262 rad/s es de 0.5 W. En el capítulo 4, se corroboran estos datos para validar las características del actuador.

CAPÍTULO IV

VALIDACIÓN DE FUNCIONAMIENTO A TRAVÉS DE SIMULACIÓN CON SOFTWARE ESPECIALIZADO



Figura 51. Modelado 3D con Solidworks y SketchUp.

El diseño integral de una pérgola bioclimática, que no solo considere aspectos estéticos y materiales, sino también la adaptabilidad dinámica a las variaciones climáticas es esencial. En este contexto, la validación del mecanismo de funcionamiento cobra una importancia crucial, enfocándose especialmente en la simulación mecánica con SolidWorks y complementándolo con SketchUp. Ver figura 51.

El uso de SolidWorks como herramienta especializada permite llevar a cabo simulaciones mecánicas detalladas, representando el comportamiento del mecanismo de apertura y cierre, esta simulación no sólo anticipa el rendimiento en situaciones del mundo real, sino que también facilita la optimización del diseño antes de su ejecución física.

4.1 Lamas

A continuación, se presenta un gráfico de flujo que indica el procedimiento para realizar la simulación estructural de una lama en el software SolidWorks. Ver figura 52.

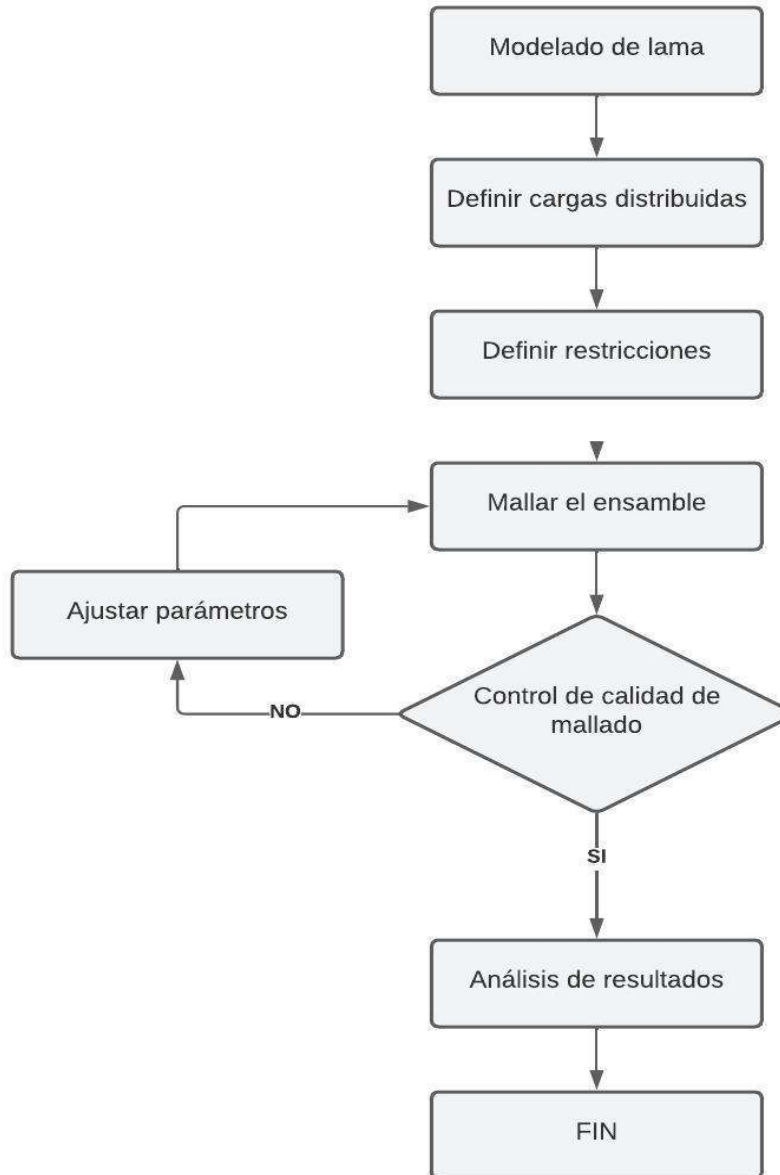


Figura 52. Proceso de simulación de lamas.

4.2 Modelado de lamas

El modelado digital de la lama que se presenta a continuación posibilita la visualización, el análisis y la simulación del comportamiento en un entorno virtual. Figura 53.

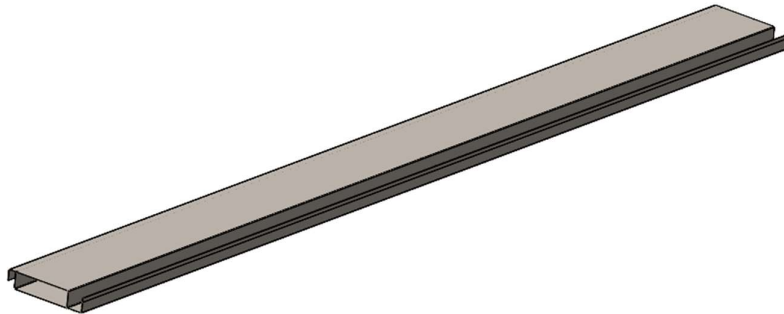


Figura 53. Modelado de la lama.

Una vez que la lama ha sido modelada, se procede a definir las cargas distribuidas, así como las restricciones de apoyo y empotramiento en sus extremos. Según figura 54.

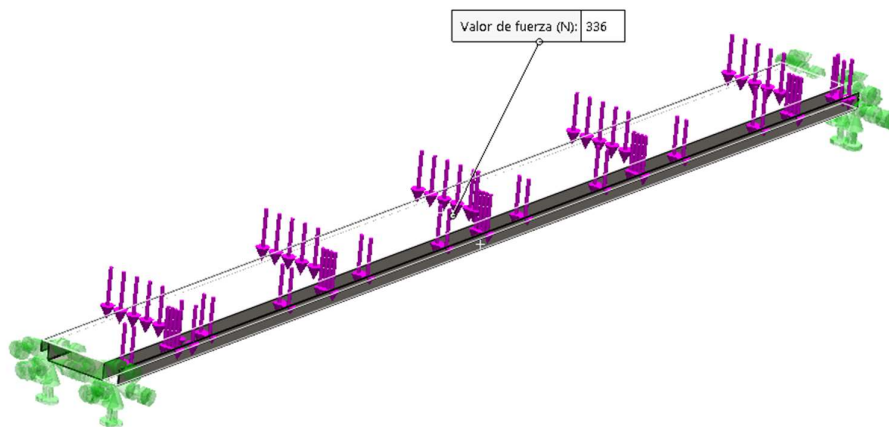


Figura 54. Cargas distribuidas y restricciones de la lama.

Después de aplicar restricciones en los extremos, y cargas distribuidas de 336 N en la superficie en contacto con las cargas, identificadas con el color morado, se procede a mallar el modelado. Ver figura 55.

Considerando que el modelado de la lama presenta un perfil metálico con pocas curvas, se ha llegado a la conclusión de que el mallado para la simulación no debe ser muy fino. A pesar de ello, se han realizado tres pruebas de mallado variando el tamaño del tetraedro, concluyendo que con una medida de 33,62 mm nos acercamos al esfuerzo calculado en el capítulo anterior. Como se muestra en figura 56.

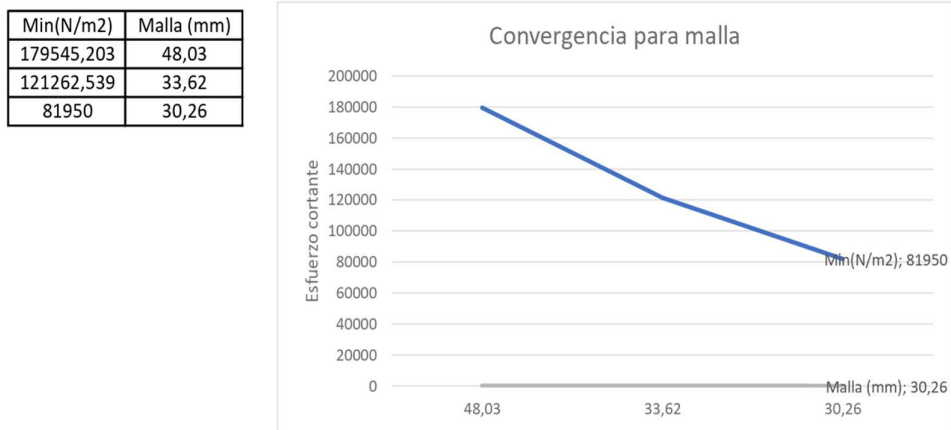


Figura 55. Convergencia de esfuerzo vs tamaño de malla.

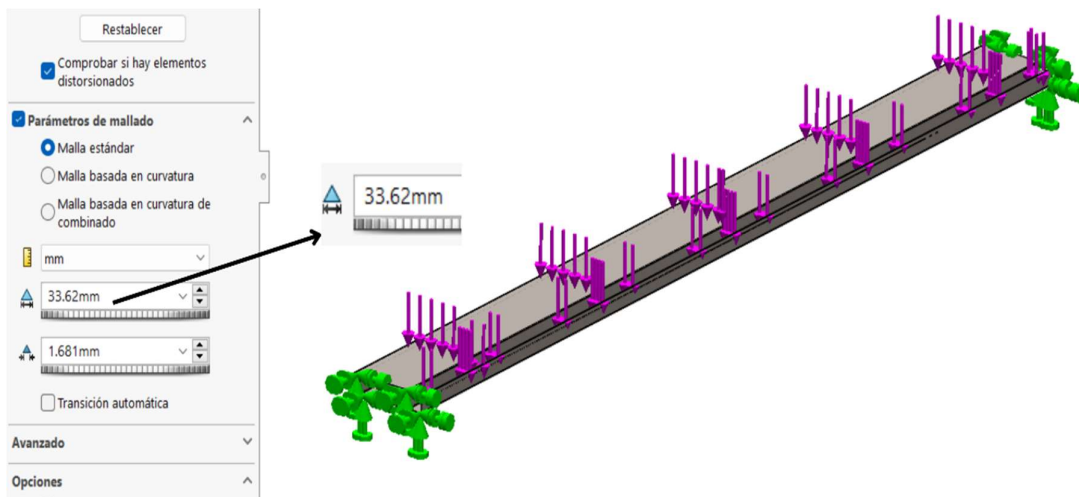


Figura 56. Tamaño de tetraedro para mallado.

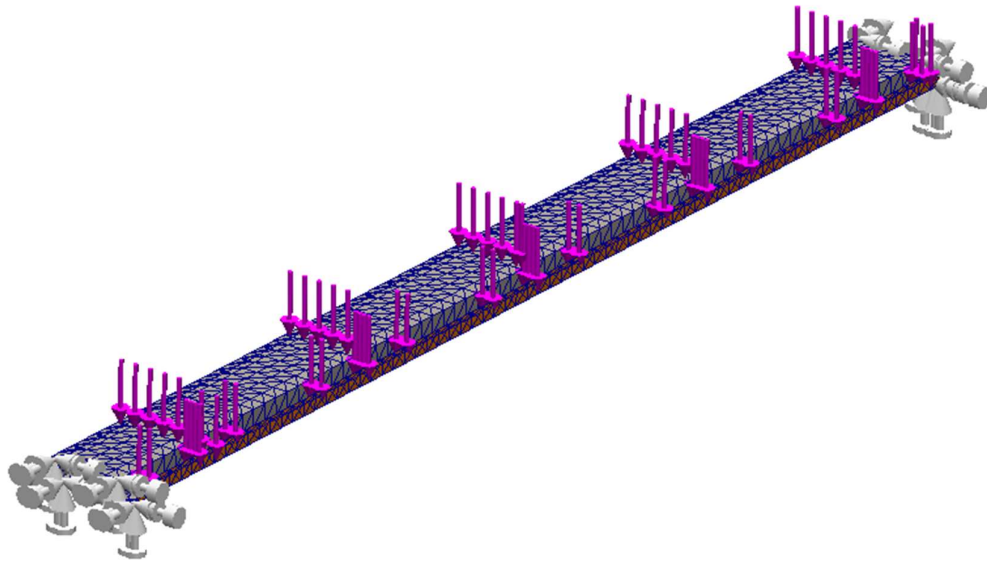


Figura 57. Lama mallada.

Una vez que el mallado se ha completado de manera adecuada, se procede a calcular el esfuerzo de Von Mises y deformación de la lama. Figura 57.

4.3 Análisis de resultados

4.3.1 Tensiones: Von Mises

La gráfica de tensiones de Von Mises es una representación visual de las tensiones en un material o estructura bajo carga. La tensión de Von Mises se define teóricamente como la tensión equivalente que refleja la combinación de tensiones normales y cortantes en un punto específico. Se utiliza con el fin de medir la resistencia de un material frente a la deformación.

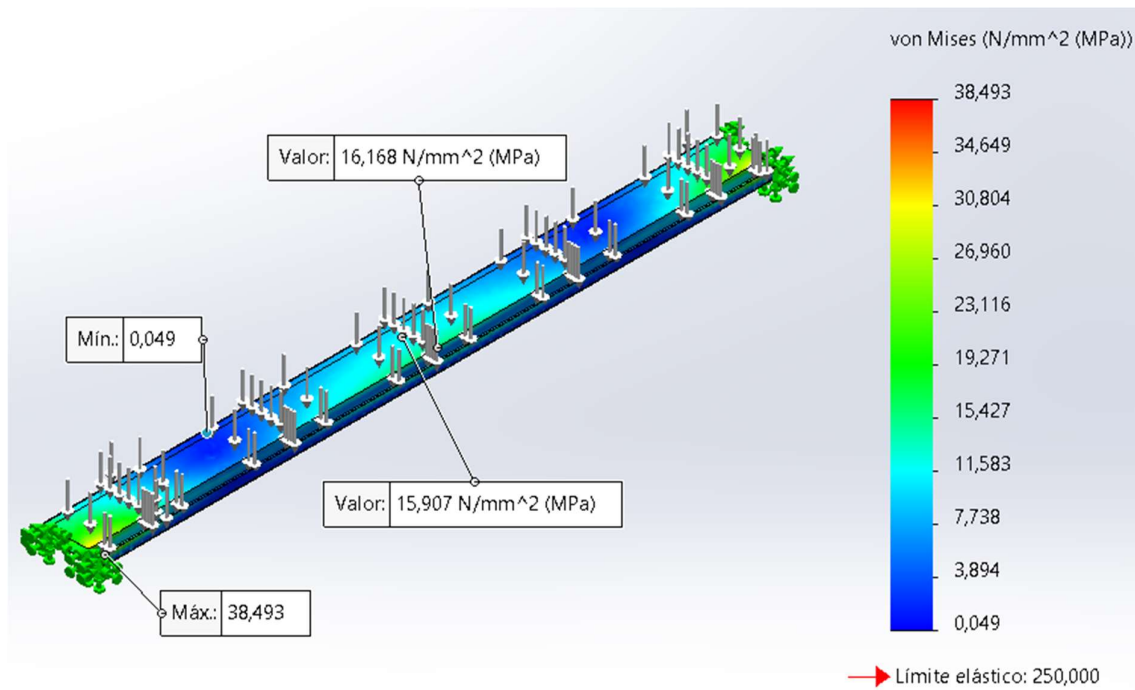


Figura 58. Simulación de tensiones en lama metálica.

Una vez completado el cálculo, se pueden identificar dos esfuerzos: un esfuerzo a compresión de 16.17 N/mm² y un esfuerzo a tensión de 15.91 N/mm². La simulación resulta amigable para el usuario, porque la mayoría de los colores se encuentran en la gama entre azul, celeste y verde, indicando que la lama se encuentra dentro del margen correcto. A continuación, se realiza una comparación entre los resultados teóricos calculados en el capítulo 3, sección de lamas, y los resultados experimentales, con el cálculo del porcentaje de error. Ver figura 58.

Ecuación de porcentaje de error.

$$\% e = \frac{VT - VE}{VT} \times 100$$

Cálculo de porcentaje de error.

$$\% e_{\sigma c} = \frac{17.45 - 16.17}{17.45} \times 100 = 7.33 \%$$

$$\% e_{\sigma t} = \frac{16.6 - 15.91}{16.6} \times 100 = 4.16 \%$$

Cálculo de factor de seguridad.

$$F_s = \frac{250 \frac{N}{mm^2}}{38.49 \frac{N}{mm^2}} = 6.49$$

Se puede observar que el factor de seguridad es superior a uno, lo cual indica la eficacia de la lama con chapa metálica de acero A36 con un espesor de 0.7 mm.

A continuación, en la figura 60 se presenta la simulación de una lama que integra chapa metálica en conjunto con un núcleo de poliuretano, con el propósito de evaluar y comparar las mejoras estructurales.

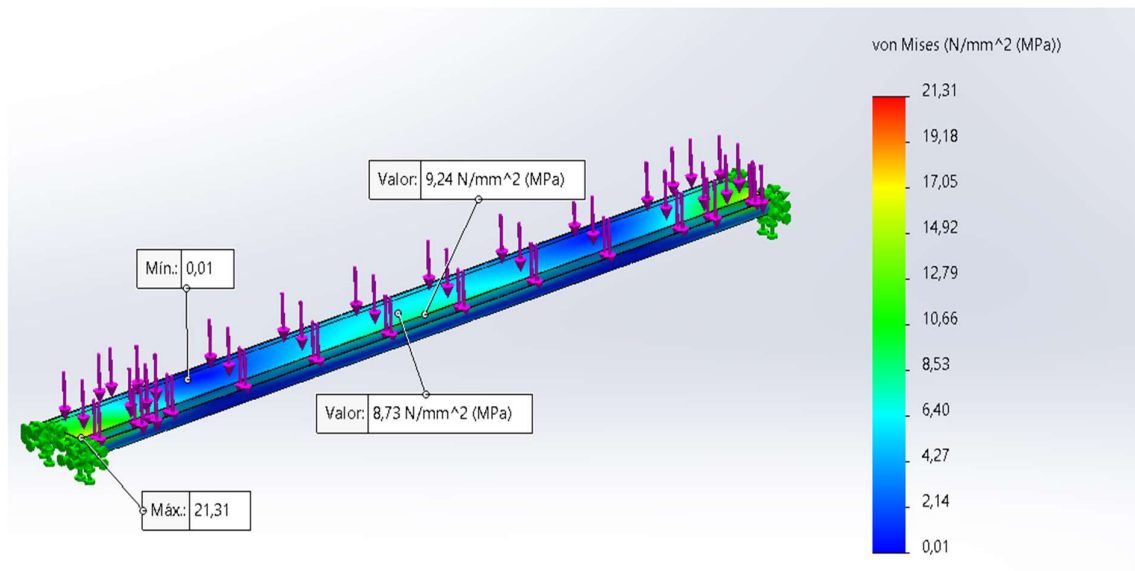


Figura 59. Simulación de tensiones en lama metálica y poliuretano.

Se concluye que el poliuretano desempeña un papel estructural en la lama de chapa metálica, lo que conduce a niveles inferiores de esfuerzos a tensión y compresión como se puede visualizar en la simulación. Como se muestra en la figura 59.

4.3.2 Deflexión

En la simulación estática, se representa la deformación en diversos puntos de un modelo bajo condiciones específicas de carga y restricciones. Este factor se expresa en milímetros y refleja los resultados del diseño y del material utilizado. Figura 60.

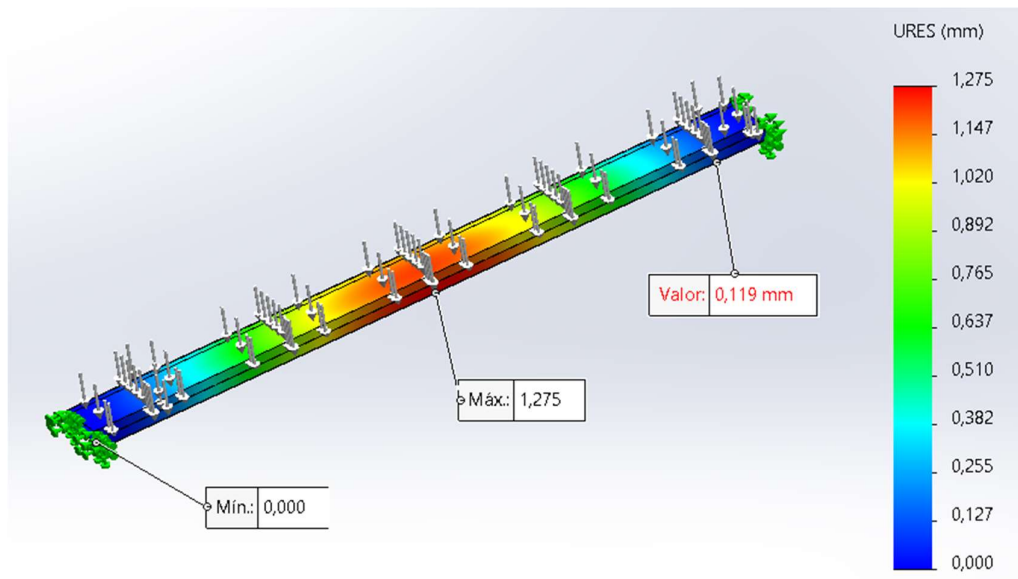


Figura 60. Simulación de desplazamiento en lama metálica.

En el análisis de deformación, se ha identificado una deflexión en el centro de la base de las lamas, la cual alcanza un máximo de 1.275 mm. No obstante, se considera que esta discrepancia es aceptable debido a que la mayoría de los valores se sitúan en la gama de colores que abarca el verde, azul y celeste. Este rango sugiere que la deflexión en la lama se mantiene por debajo de los 4.8 mm, cifra establecida como umbral para garantizar la funcionalidad adecuada, como se detalla en el capítulo 3.

A continuación, se lleva a cabo una comparación entre los resultados teóricos obtenidos en el capítulo 3, específicamente en la sección de lamas, y los resultados experimentales. Se calcula el porcentaje de error con el propósito de verificar la efectividad del diseño.

$$\% e_d = \frac{1.46 - 1.275}{1.46} \times 100 = 12.67\%$$

Siguiendo la misma dinámica que se empleó para analizar la tensión de von Mises, se lleva a cabo una comparación en la deflexión entre una lama de chapa metálica convencional y otra que incorpora un núcleo de poliuretano. Según figura 61.

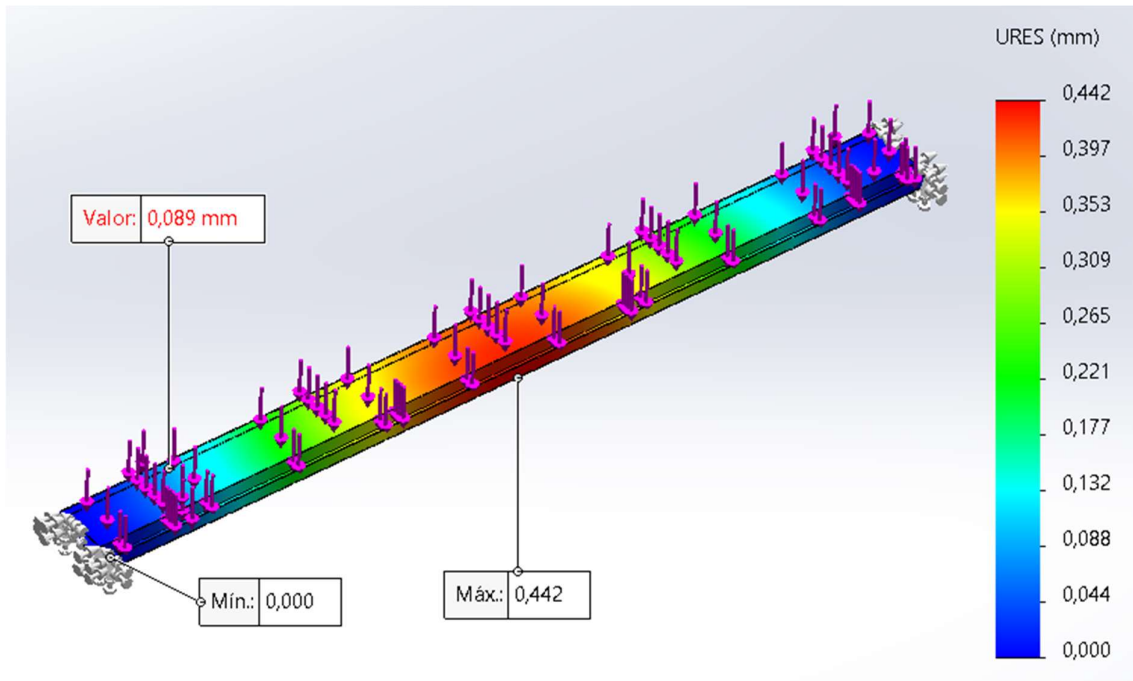


Figura 61. Simulación de desplazamiento en lama metálica y poliuretano.

Tras la observación y el análisis de la figura 62, se puede concluir que la deformación máxima es de 0.0442 mm, una cifra inferior a la previamente calculada y simulada. Este hallazgo refuerza la confiabilidad de los resultados, porque las magnitudes de deformación se encuentran dentro de un rango adecuado, manteniéndose por debajo de los 4.8 mm.

4.4 Mecanismo

En esta sección, se muestra el gráfico de flujo que detalla el método para realizar la simulación del mecanismo en el software SolidWorks, destacando la importancia atribuida al torque, tiempo y desplazamiento de las lamas. Cabe mencionar que la simulación se llevará a cabo mediante la representación de una pérgola bioclimática que consta de 16 lamas. Ver figura 62.

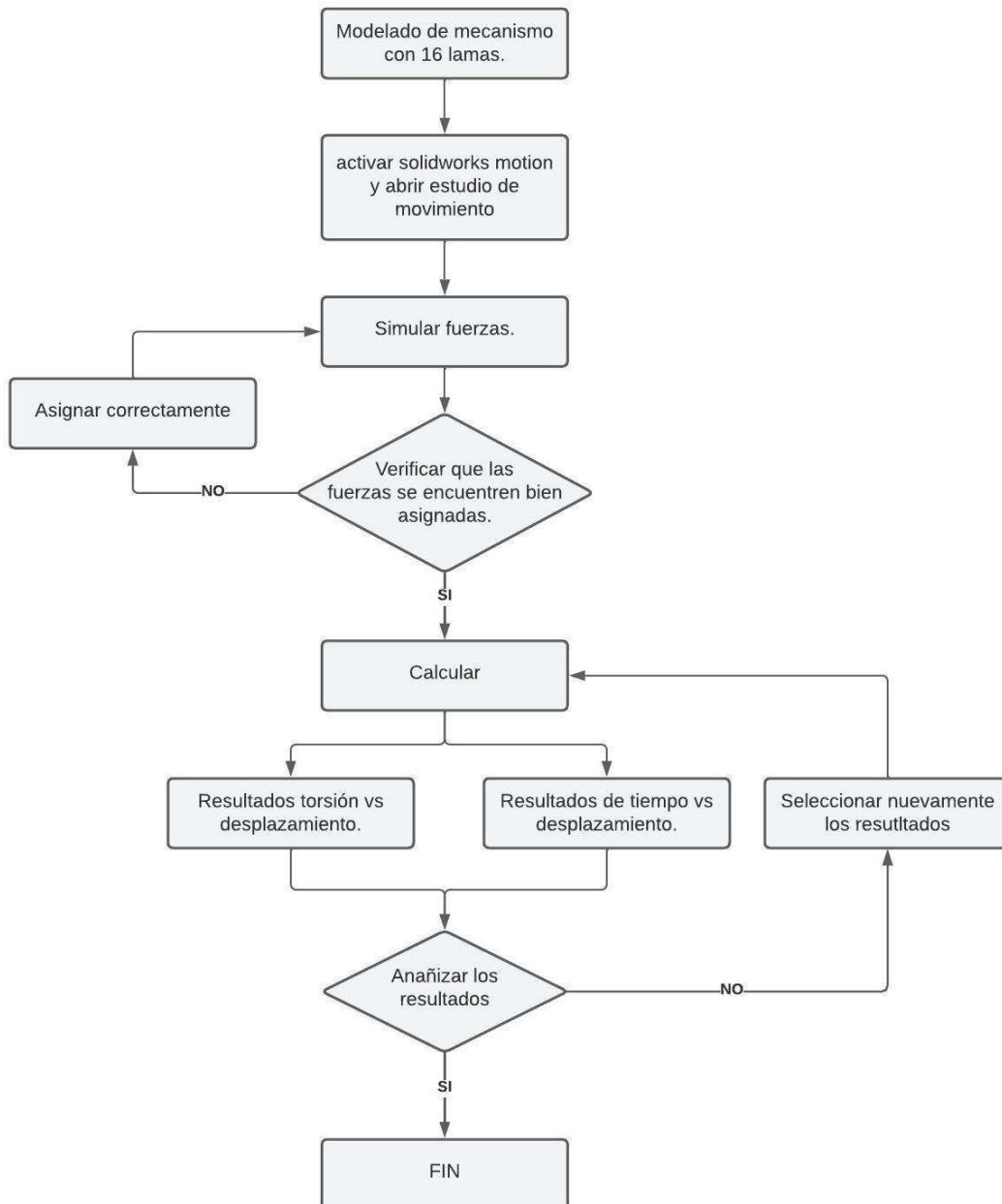


Figura 62. Proceso de simulación de mecanismo.

4.4.1 Modelado del mecanismo

Una vez finalizado el modelado y ensamblaje del mecanismo funcional, se activa la opción de SolidWorks Motion para habilitar las herramientas de estudio de movimiento. Figura 63.

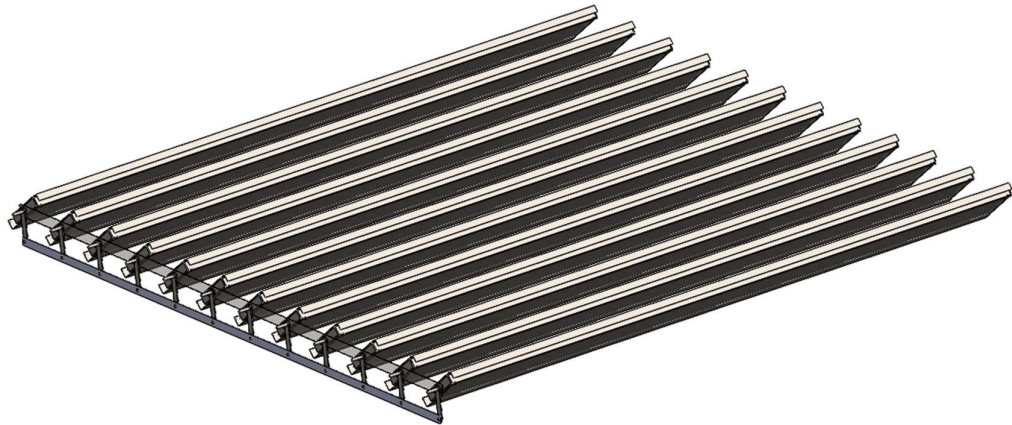


Figura 63. Modelado del mecanismo.

Definir las fuerzas en cada una de las lamas. Como se muestra en las figuras 64 y 65.

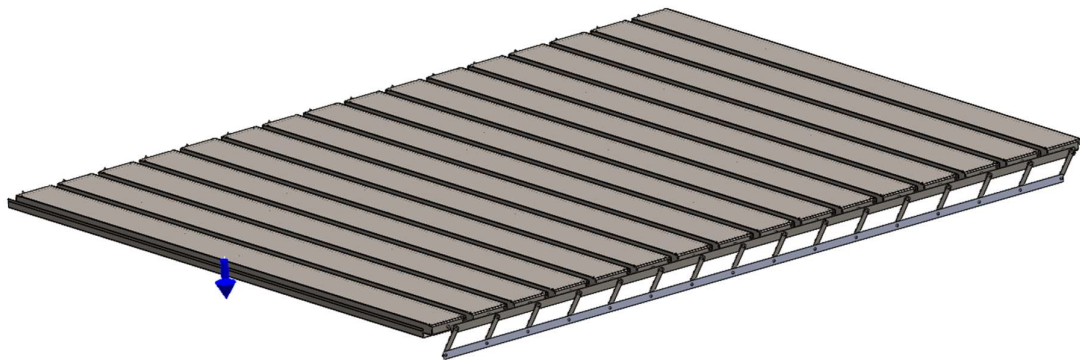


Figura 64. Aplicación de fuerzas en cada lama.

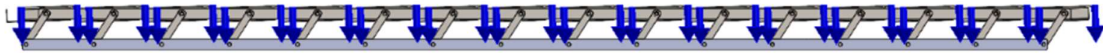


Figura 65. Asignación de fuerzas en todas las lamina.

En este paso, se simulan magnitudes de torque cercanas al torque teórico calculado en el capítulo 3, sección de mecanismo, con el objetivo de superar la inercia y realizar una comparación con el ángulo de 34.39 grados. Figura 66.

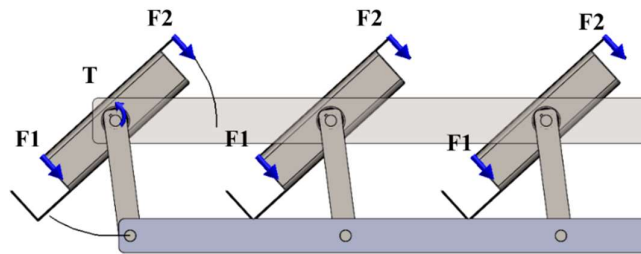


Figura 66 Simulación de torque.

La figura que se presenta a continuación exhibe los resultados de la simulación, los cuales ilustran la relación entre el torque en el eje 1 y el desplazamiento angular. El propósito de esta presentación es identificar el torque mínimo requerido para desplazar las lamina en distintas posiciones. Ver figura 67.

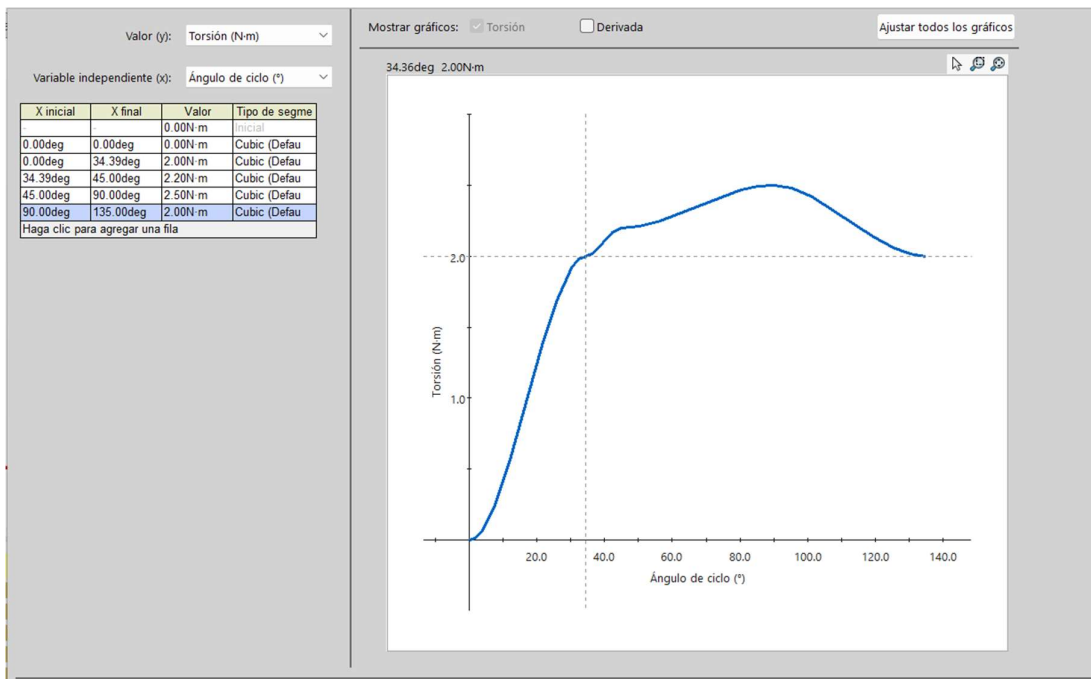


Figura 67. Relación de torsión y desplazamiento angular.

Se concluye que, para vencer la inercia y lograr un desplazamiento de 34.39 grados, se requiere un torque mínimo de 2 Nm en el eje de la primera lama. Asimismo, para cumplir con todas las posiciones de 45, 90 y 135 grados, se establece que es necesario un torque mínimo de 2.5 Nm. A continuación, se realiza el cálculo de la diferencia porcentual entre los valores teóricos y experimentales para corroborar el torque en ambos métodos.

$$\% e_T = \frac{1.9 - 2}{1.9} \times 100 = 5.2\%$$

Simulando un motor en el eje como se puede ver a continuación. Figura 68.

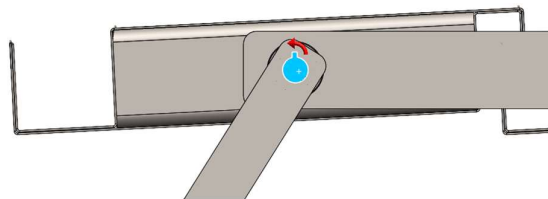


Figura 68. Simulación de motor.

Para asignar una velocidad ideal, se realiza simulación de desplazamiento versus tiempo, y otra de velocidad versus tiempo, dando como resultado velocidad máxima requerida, en relación con el desplazamiento. Como se muestra en la figura 69.

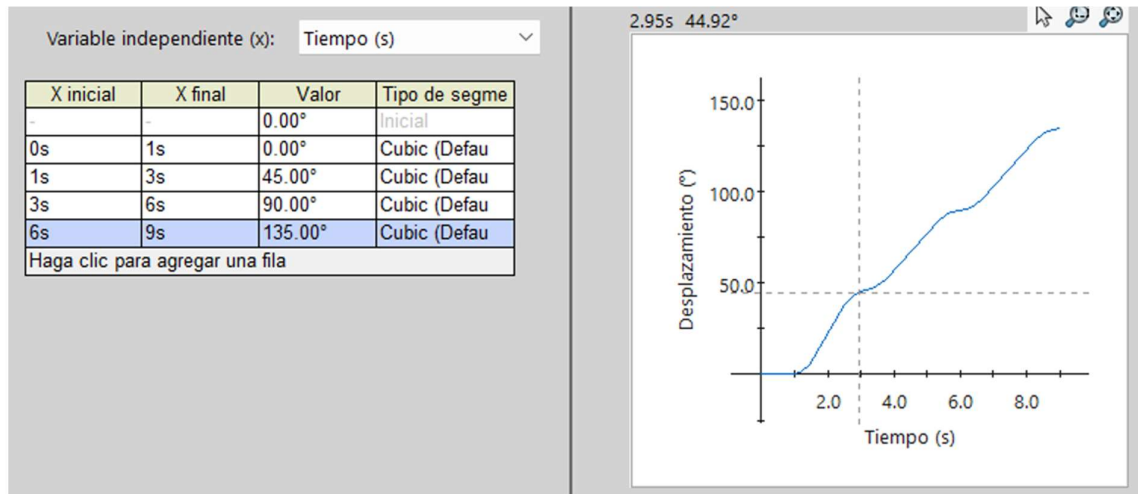


Figura 69. Gráfica de tiempo vs desplazamiento.

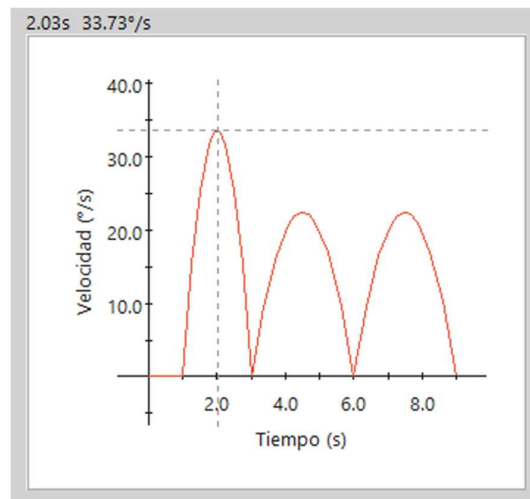


Figura 70. Gráfica de tiempo vs velocidad.

En esta simulación, se verifica a través de gráficos el cambio de desplazamiento versus el tiempo, evidenciando la idoneidad de emplear un intervalo de 3 segundos para cada desplazamiento de 45 grados. Además, se analiza el cambio de velocidad versus el tiempo para

cumplir con los parámetros ideales de desplazamiento frente al tiempo, alcanzando una velocidad máxima de 33.73 grados por segundo. Ver figura 70.

Además, resulta importante subrayar las características del motor Nema 23 OK57H18112A y verificar su capacidad para desempeñar su función en el mecanismo. Esto implica considerar un torque de 3 Nm con una potencia de 4 W, que satisface los requisitos de trabajo. Se añade a esto la especificación de 200 pasos / revolución, lo cual es fundamental para lograr la precisión necesaria en el desplazamiento de las lamas. También se destaca la capacidad del motor para programar desplazamiento y velocidad angular, aspecto esencial para cumplir con los parámetros identificados en la simulación. Estos datos característicos del motor contribuyen de manera significativa a la implementación efectiva del sistema, asegurando un control preciso y una respuesta óptima a los requisitos establecidos. Se verifica nuevamente la idoneidad del motor para garantizar su correcto desempeño en el mecanismo [29].

4.5 Efecto bioclimático

A continuación, se muestran representaciones visuales de la simulación del efecto bioclimático de una pérgola, realizada mediante render en SketchUp. Aunque esta simulación no proporciona datos numéricos, su enfoque visual permite apreciar la eficacia de la pérgola bioclimática en cuanto al diseño ambiental. La ausencia de datos cuantitativos no resta importancia a la validez de la simulación, ya que las representaciones visuales ofrecen una comprensión intuitiva de cómo la estructura puede influir en el entorno circundante. Figura 71.



Figura 71. Vista lateral izquierda de render (Pérgola ambientada).

La simulación visual del efecto bioclimático de la pérgola, a través de renders en SketchUp, ha destacado de manera convincente el cumplimiento y la eficacia de la estructura como elemento bioclimático. La representación gráfica ha demostrado la capacidad de la pérgola para recrear un ambiente óptimo, similar al confort ofrecido por la sombra de un árbol, como se evidencia claramente en el moteado de sombras proyectado en la pared. La disposición simulada de las lamas a 45 grados a las 11:30 en el mes de junio reveló un entorno agradable, resaltando la habilidad de la pérgola para proporcionar condiciones ideales para el usuario. Figura 72.



Figura 72. Vista isométrica de render (pérgola ambientada).

Esta experiencia bioclimática se respalda porque el usuario tiene el control total para generar el ambiente requerido, gracias al sistema mecánico de la pérgola bioclimática. Este sistema permite ajustar dinámicamente la posición de las lamas, brindando a los usuarios la capacidad de modular la intensidad de la sombra y la entrada de luz, adaptándose así a sus preferencias y necesidades específicas. La combinación de la simulación visual y el control mecánico ofrece un enfoque integral para diseñar espacios exteriores que no solo cumplen con los requisitos bioclimáticos, sino que también empoderan a los usuarios para personalizar su experiencia y maximizar su comodidad en cualquier momento del día y en cualquier estación del año.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

La finalidad de este capítulo consiste en determinar, desde una perspectiva económica, la factibilidad de fabricar el mecanismo de la pérgola bioclimática en Ecuador, con el objetivo de evitar la importación desde China y Europa, la cual implica costos elevados.

El análisis financiero llevado a cabo no sólo ofrecerá una visión clara sobre la viabilidad económica de la pérgola bioclimática, sino que también se erigirá como una guía valiosa. La información resultante posibilitará la toma de decisiones informadas en relación con la adopción de prácticas estructurales más sostenibles y económicamente eficientes.

En el análisis de presupuesto y costos para la fabricación de una pérgola bioclimática, se inicia definiendo las dimensiones del área que se va a diseñar. En este caso, se llevará a cabo en una superficie de 8 m². Ver figura 73, (las medidas se encuentran en milímetros).



Figura 73. Área de construcción para pérgola bioclimática.

En consecuencia, se llevará a cabo el presupuesto correspondiente para determinar el costo de la cubierta de la pérgola en un área de 8 metros cuadrados. Seguidamente, se establecerá el precio por metro cuadrado, proporcionando así un valor referencial aplicable a diversas ventas al público en distintos proyectos.

Con el fin de facilitar un análisis más detallado de los costos asociados a la fabricación de la cubierta de la pérgola bioclimática, se desglosan los gastos en tres partes fundamentales para su construcción.

- Fabricación de lamas
- Fabricación de mecanismo
- Sistema Eléctrico

Se debe tener en cuenta que en los presupuestos posteriormente definidos se contempla la instalación de cada componente que conforma la cubierta de la pérgola.

5.1 Presupuesto de fabricación de Lamas

Se busca determinar el costo de fabricación de cada lama. En consonancia con el diseño de la infraestructura, se ha establecido la necesidad de producir un total de 16 lamas para llevar a cabo este proyecto. Por lo tanto, los costos detallados en la tabla 5 representarán el costo individual de cada lama, incluyendo la instalación. Ver tabla 5.

5.1.1 Descripción de materiales para la fabricación de las lamas

5.1.1.1 *Chapa metálica:* la chapa metálica utilizada en el diseño de las lamas constituye la matriz o estructura principal y está fabricada con acero galvanizado A36. Cada plancha posee dimensiones de 1220 x 2400 x 0.7 mm de espesor. De este modo, cada plancha permite obtener la estructura de dos lamas. Para la producción de las 16 lamas requeridas, será necesario utilizar un total de 8 planchas de acero galvanizado A36.

5.1.1.2 *Espuma de poliuretano:* una vez ya teniendo el diseño de la lama construida, con la espuma de poliuretano vamos a rellenar el espacio de la lama, esto sirve para obtener una protección térmica, aislamiento acústico y proporcionar más resistencia a la lama, por lo tanto, mediante cálculos de la lama se tiene un volumen de: 15.62 litros por cada lama y para las 16 lamas se necesitará 249.86 litros en total.

5.1.1.3 Pintura: se selecciona una pintura anticorrosiva apropiada, conocida como primer, para aplicar sobre el acero A36. Posteriormente, se aplica una capa de pintura sintética automotriz en el color elegido. Este procedimiento resulta fundamental para extender la durabilidad y resistencia del acero A36.

Tabla 5. Cotización para la fabricación de las lamas.

<i>LAMAS Área de 8 m² = 16 unidades</i>			
MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO \$	TOTAL \$
Chapa metálica A36	8	22,50	180,00
Tapas de chapa metálica A36	32	5,00	160,00
Espuma de poliuretano	8	7,50	60,80
Tornillería por lama	16	0,80	12,80
Servicio de corte y doblado	16	1,20	19,20
Pintura (anticorrosivo y sintético automotriz)	16	6,25	100,00
Mano de obra con instalación	1	580,00	580,00
		TOTAL	1113,80

Según el cuadro de presupuesto de las lamas, el valor total asciende a \$ 1113.80. De este importe, se produce un total de 16 lamas con dimensiones de 200x40x2440 mm. Por consiguiente, el costo estimado de cada una de estas lamas es de \$ 69.61, resulta fundamental considerar este costo por unidad en virtud de que se trata de un proyecto ejecutable. Esta información facilita la planificación presupuestaria para proyectos futuros, brindando una guía sobre cómo abordar la estimación de costos en otras iniciativas.

5.2 Presupuesto de fabricación del mecanismo

En el proceso de fabricación del mecanismo de 16 lamas, se presenta en la tabla siguiente un análisis del costo referencial. Se observa en la tabla 7 una evaluación detallada de los materiales a emplear y los servicios necesarios para la fabricación del mencionado mecanismo. Este aspecto resulta crucial para lograr el adecuado accionamiento de las lamas.

Tabla 6. Cotización para fabricación de mecanismo.

<i>Mecanismo para 16 lamas</i>			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO \$	TOTAL \$
Platina A36 de 3000x40x3mm	1	52,00	52,00
Platinas diagonales de 100x20x3mm	32	5,50	176,00
Platina A36 de 3000x20x3mm	1	45,00	45,00
Rodamientos	32	3,5	112,00
Servicio corte laser	1	60,00	60,00
Pintura anticorrosiva y sintética	1	55,00	55,00
Mano de Obra con Instalación	1	400,00	400,00
		TOTAL	900,00

Se puede deducir que el mecanismo para el funcionamiento de las 16 lamas tiene un costo de \$900,00. Se presentan de manera detallada tanto los costos directos como los indirectos necesarios para la fabricación del mencionado mecanismo, lo cual resulta en un costo total del mismo de \$900,00. Ver tabla 6.

5.3 Presupuesto Sistema Eléctrico

El presente presupuesto abarca todo el sistema eléctrico para el funcionamiento de la pérgola, en este contexto no se fabrica, únicamente se adquiere los componentes necesarios para la instalación del motor al mecanismo de la pérgola y así tener la disposición de abrir o cerrar las lamas a 0°, 45°, 90° y 135° según la necesidad que requiera el usuario.

Mediante un análisis de cargas y fuerzas de las lamas se obtuvo el dimensionamiento del motor por lo que en la selección de actuadores se elige el motor paso a paso NEMA 23 de 2.5N de torque máximo, junto con este sistema se debe adquirir el microprocesador ya programado para las diferentes aperturas de las lamas. Ver tabla 7.

Tabla 7. Cotización del sistema eléctrico.

<i>Sistema Eléctrico para pérgola de 8 metros</i>			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO \$	TOTAL \$
Motor paso a paso NEMA23	1	70,00	70,00
Microprocesador programado	1	220,00	220,00
Driver	1	28,80	28,80
Cables de Conexión	1	30,00	30,00
Breaker MPCB	1	17,50	17,50
Mano de Obra con Instalación	1	150,00	150,00
		TOTAL	516,30

5.4 Presupuesto para la fabricación de la cubierta

Se ha determinado el costo de fabricación de la pérgola bioclimática de 8 metros cuadrados, incluyendo el precio de diseño y prototipado del producto final. Se sumaron los presupuestos anteriores y se obtuvo el presupuesto total de la pérgola. Ver tabla 8.

Tabla 8. Cotización total de la pérgola bioclimática.

PARTES	ÁREA m2	PRECIO \$	TOTAL \$
Fabricación lamas	8	156,60	1113,80
Fabricación de mecanismo	8	138,70	900,00
Sistema eléctrico	1	381,80	516,30
Servicio de diseño	1	80,00	80,00
		COSTO TOTAL	2610,10
utilidad 30 %			783,03
		PVP. TOTAL	3393,13

El presente presupuesto representa al costo de \$ 2610.10 para la fabricación de la cubierta de la pérgola bioclimática de 8.2 metros cuadrados de área, también para que sea un proyecto rentable se toma un porcentaje de ganancia sobre el 30% del costo de la cubierta, obteniendo un precio final al cliente de \$3393.13.

6 CONCLUSIONES

Se logró determinar un mecanismo de paralelogramo que posibilita la apertura de las lamas en un rango de 0 a 135 grados, brindando al usuario la flexibilidad de ajustar el estado de las lamas y permitir el paso de agentes climáticos según su conveniencia. Además, se concluye que la inclinación específica del 2 % en recolectores individuales de las lamas y perimetrales se encuentra dentro del rango recomendable para sistemas de drenaje, asegurando el flujo de agua lluvia y proporcionando un entorno más confortable debido a sus beneficios impermeables.

Las lamas pueden ser posicionadas a 0, 45, 90 y 135 grados, con una suave velocidad angular de 15.011 grados por segundo. Esta configuración no sólo ofrece comodidad al usuario al permitirle aprovechar las condiciones climáticas, sino que también añade un toque de sofisticación, gracias a la tenue velocidad angular. Además, esta característica contribuye a un ambiente confortable, proporcionando también beneficios en términos de confort acústico.

La elección del diseño demuestra cumplir de manera óptima con los parámetros establecidos, destacando especialmente en cuanto a la resistencia estructural de la lama, donde se observa una deformación máxima de tan solo 0.442 mm. Este resultado subraya la eficacia del diseño seleccionado en mantener la integridad estructural por debajo de los 6 mm de deflexión permitidos según norma AISC.

La validación mediante software especializado confirma la viabilidad y eficacia del mecanismo de apertura y ventilación de la pérgola bioclimática. Sin embargo, es importante señalar que el margen de error del 5.2 % en el cálculo del torque mínimo entre el cálculo teórico y la simulación es considerable. A pesar de este porcentaje, se logra establecer parámetros de velocidad y desplazamiento angulares cortos, lo que permite dimensionar un motor con 1.8 grados de paso, satisfaciendo así la precisión requerida para el correcto funcionamiento del mecanismo.

El presente análisis ha evaluado minuciosamente la factibilidad económica de implementar la pérgola bioclimática, considerando un presupuesto de \$ 2610.10 para la fabricación de la cubierta de 8.2 metros cuadrados. Con el objetivo de asegurar la viabilidad financiera del proyecto, se ha aplicado un margen de ganancia del 30 %, lo que ha derivado en un precio final al cliente de \$ 3393.13. Este enfoque ha posibilitado un exhaustivo análisis de la rentabilidad del proyecto a través de indicadores financieros, respaldando de manera concluyente la factibilidad económica de instaurar la pérgola bioclimática como una inversión sostenible y eficiente.

7 RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de un sistema de automatización avanzado en la pérgola para proporcionar respuestas rápidas a cambios climáticos. La integración de sensores meteorológicos permitirá ajustar automáticamente la inclinación de las lamas, optimizando la protección solar y la permeabilidad según las condiciones climáticas. Además, se sugiere incorporar funciones programables, como la posibilidad de establecer horarios específicos y perfiles personalizados para mejorar la experiencia del usuario. Estas mejoras no solo aumentarán la comodidad, sino que también optimizarán la eficiencia y la fabricación de la pérgola, manteniendo o mejorando su capacidad de permeabilidad.

Mejorar el mecanismo actual de la pérgola para ampliar su rango de inclinación de las lamas, permitiendo ajustes desde 5 grados para una posición más cerrada hasta 175 grados para una apertura máxima. Esta modificación brindaría mayor versatilidad al usuario, especialmente en situaciones donde se busca una ventilación más controlada con poco flujo de aire. Es recomendable realizar pruebas y simulaciones adicionales para garantizar que estas nuevas configuraciones mantengan el rendimiento estructural y funcional del mecanismo, asegurando su eficacia y durabilidad en diversas condiciones climáticas.

Considerar una mejora en el diseño para abordar la limitación de longitud actual de la lama, que es de 2.4 metros. Se podrían explorar opciones como la incorporación de más pliegues en la lama o el uso de una chapa metálica superior a 0.7 mm de espesor. Estas estrategias podrían ofrecer la posibilidad de lograr longitudes mayores sin comprometer la resistencia estructural y la eficacia observada en términos de deformación mínima y durabilidad. Además, la adición de pliegues proporciona beneficios estructurales, fortaleciendo la lama y permitiendo adaptarse a requerimientos específicos de longitud sin sacrificar su rendimiento. Estas mejoras ofrecerían flexibilidad adicional para satisfacer diversas necesidades de diseño y dimensiones de la pérgola.

Explorar alternativas a la configuración actual del mecanismo, específicamente alejándose del diseño de paralelogramo. La evaluación de otras opciones, como sistemas articulados o de engranajes, podría introducir innovaciones que optimizan la precisión del sistema de apertura y ventilación de la pérgola bioclimática. Esta investigación en configuraciones mecánicas diferente busca lograr una mayor adaptabilidad. Se espera que estas exploraciones contribuyan significativamente a elevar la confiabilidad y eficiencia del mecanismo en cuestión.

Considerando la conclusión presentada, se recomienda explorar oportunidades para mejorar la eficiencia económica del proyecto de la pérgola bioclimática. Una posible estrategia podría ser la optimización de los costos de fabricación, evaluando proveedores alternativos para los materiales sin comprometer la calidad del producto final. Además, se podría considerar la búsqueda de opciones de descuentos o acuerdos con proveedores que puedan contribuir a reducir los costos iniciales. Asimismo, se sugiere examinar la estructura del margen de ganancia, ajustándose según el análisis de mercado y competitividad para garantizar la competitividad del producto en términos de precio final al cliente. Estas mejoras podrían fortalecer aún más la viabilidad económica del proyecto y contribuir a una implementación más eficiente y rentable de la pérgola bioclimática.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] “Scopus - Document details - Structural design and analysis of leading edge slat interference trailing edge.” 2023. [Online]. Available: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2226/record/display.uri?eid=2-s2.0-85153565224&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=e7f1fb5897e66e4093d467741f9fd14c&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28aerodynamic+slats%29&sl=32&sessionSearchId=e7f1fb5897e66e4093d467741f9fd14c>
- [2] “ProQuestDocuments-2023-10-12”.
- [3] Inicio, “Jardines del priorato de Notre-Dame d’Orsan - 16 imágenes de calidad en alta definición.” 2024. [Online]. Available: <https://www.france-voyage.com/francia-fotos/jardines-priorato-notre-dame-orsan-430.htm>
- [4] T. Edensor, “Learning from Hampstead’s Pergola: walking and image-making at a spectacular Edwardian structure,” *Landsc Res*, vol. 48, pp. 120–133, Nov. 2022, doi: 10.1080/01426397.2022.2141700.
- [5] “Tripadvisor.” 2022. [Online]. Available: https://www.tripadvisor.com.pe/Attraction_Review-g187905-d198768-Reviews-Via_Portica-Assisi_Province_of_Perugia_Umbria.html
- [6] “Tripadvisor.” 2022. [Online]. Available: https://www.tripadvisor.com.pe/Attraction_Review-g187905-d198768-Reviews-Via_Portica-Assisi_Province_of_Perugia_Umbria.html
- [7] S. AMX, “Villa Jardín/ASP Arquitectura Sergio Portillo | ArquitectosMX.com.” Nov. 2017. [Online]. Available: <https://arquitectosmx.com/villa-jardin-asp-arquitectura-sergio-portillo/>
- [8] “Cenador 2 aguas - Pérgolas y Porches.” 2016. [Online]. Available: <https://www.pergolasyporches.es/cenador-2-aguas/>
- [9] “Especialistas en Techos y Estructuras Metalicas | Zona Cubierta S.A.S.” Nov. 2022. [Online]. Available: <https://zonacubierta.net/>
- [10] G. Karina, I. Torúa, D. R. Aguirre, D. B. Flores, I. Irene, and Y. Osuna, “ANÁLISIS Y DISEÑO DE MEJORA DE DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PÉRGOLAS Analysis and design of

improvement of structural performance of pergolas INVESTIGACIÓN”, [Online]. Available: www.epistemus.uson.mx

- [11] “| homify.” 2023. [Online]. Available: <https://www.homify.com.ar/foto/2031629/quincho-garage-mpg>
- [12] “BEACH BAMBOO Pérgola By Sprech.” Archiproducts, 2022. [Online]. Available: https://www.archiproducts.com/es/productos/sprech/pergola-independiente-en-bambu-beach-bamboo_606430?epik=dj0yJnU9MFZRaTNJTnp3dWdIWVo4N2VKbmFmYWxmMXlvV0NKbEomcD0wJm49S311WHdlb3pKSk0yMlpCX2R3UE95USZ0PUFBQUFBFR1ZTN04w
- [13] “UDLA-EC-TTSOC-2017-02”.
- [14] M. K. Singh, S. Mahapatra, and S. Atreya, “Bioclimatism and vernacular architecture of north-east India,” *Build Environ*, vol. 44, pp. 878–888, Nov. 2009, doi: 10.1016/j.buildenv.2008.06.008.
- [15] P. V. Genovese and A. N. Zoure, “Architecture trends and challenges in sub-Saharan Africa’s construction industry: A theoretical guideline of a bioclimatic architecture evolution based on the multi-scale approach and circular economy,” *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, vol. 184, p. 113593, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113593.
- [16] joel_seo, “¿Cuánto cuesta una pérgola bioclimática?” Nov. 2020. [Online]. Available: <https://blog.planreforma.com/cuanto-cuesta-una-pergola-bioclimatica/>
- [17] Y. Elaouzy and A. El Fadar, “Sustainability of building-integrated bioclimatic design strategies depending on energy affordability,” *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, vol. 179, p. 113295, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113295.
- [18] Miriam, “Soluciones para proteger tu terraza del sol y la lluvia.” *Decoración de Interiores y Exteriores - EstiloyDeco*, Jan. 2020. [Online]. Available: https://www.estiloydeco.com/soluciones-protger-terrazza-sol-lluvia/?fbclid=IwAR24SE6wadozZOvbd7qrNflzcuti_Uqtc7WkzUASmHXAJi3nHjsPwcKC GDQ
- [19] “La pergola bioclimatique, star des beaux jours: On range les couvertures et on sort les meubles de jardin! C’est le moment de penser aux stores et aux pergolas bioclimatiques, afin de profiter pleinement de sa terrasse ou de son jardin. A Genève, la société Rafael Stores propose un vaste

choix de produits haut de gamme et de solutions sur mesure, mises en place par des spécialistes.
- ProQuest,” *Proquest.com*, 2023, doi: ",.

- [20] “Pérgolas Bioclimáticas.” [Online]. Available: <https://www.saxun.com/descarga?id=82&numero=10&tab=categoria-1>
- [21] “Seesky BIO ☀️❄️ | Pérgola Bioclimática | C3 Systems.” 2023. [Online]. Available: <https://www.c3systems.es/pergola-bioclimatica>
- [22] Francisco, “Mecánica técnica.” Editorial Universidad de Santiago de Chile, 2023. [Online]. Available: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/ereader/bibliotecaups/68356?page=7>
- [23] “Pérgola bioclimática B-150 – Yberis España.” 2022. [Online]. Available: <https://yberis.com/pergola-bioclimatica-b-150/>
- [24] Dr. Ing. C. Safranez, “Vista de Impermeabilización de cubiertas.” 2023. [Online]. Available: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/3096/3473>
- [25] “Catálogo - Pérgolas bioclimáticas. Esencia Mediterránea - Sistemas Claver.” Dec. 2017. [Online]. Available: <https://www.sistemasclaver.com/catalogo-pergolas-bioclimaticas-esencia-mediterranea/>
- [26] Arq. B. Garzón, “Arquitectura bioclimática.” 2021. [Online]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=prszEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=p%C3%A9rgola+bioclimatica&ots=tyItgSQRAm&sig=vvcQxWQEIOYStxJP1D3OW2Rcbn8#v=onepage&q=p%C3%A9rgola%20bioclimatica&f=false>
- [27] A. Delgado Díez, “‘ACTUADORES HIDRÁULICOS’ 5º INGENIERÍA INDUSTRIAL.” 2014. [Online]. Available: https://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Antonio%20Delgado%20Diez-Actuadores%20hidraulicos_2.pdf
- [28] “Motorreductores \ Reductores industriales \ Electrónica de accionamiento \ Automatización de accionamiento \ Servicios.” 2006. [Online]. Available: <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11358904.pdf>

- [29] “Nema 23 Motor a Pasos OK57H18112A 4.2A 300 Ncm - UNIT Electronics.” Jan. 2023. [Online]. Available: <https://uelectronics.com/producto/nema-23-motor-a-pasos-ok57h18112a/>
- [30] “TOMO VIII Techos y Plafones E INVESTIGACIÓN NORMATIVIDAD NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES.” 2014. [Online]. Available: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105660/Volumen_6_Tomo_VIII_Techos_y_Plafones.pdf
- [31] J. F. Liernur, “Vista de Orientalismo y arquitectura moderna: el debate sobre la cubierta plana.” 2024. [Online]. Available: <https://revistas.unav.edu/index.php/revista-de-arquitectura/article/view/4453/3832>
- [32] R. Gutierrez, “¿Qué Tamaño de Canaletas de Lluvia Necesito?” 2024. [Online]. Available: <https://esp.raingutterssolution.com/blog/que-tamano-de-canaletas-de-lluvia-necesito/>
- [33] N. E. De and L. A. Construcción, “CARGAS (NO SÍSMICAS).

ANEXOS

Carga para cubiertas según NEC

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90

Ficha técnica del motor Nema 23 OK57H18112A

技术规格 Technique Specification	静力矩 (n.m)	电流 (Amps DC)	电阻 (ohms)	电压 (V)	电感 (mH IKHZ)	转动惯量																											
	3	4.2	0.95	4.3	3.5																												
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>Dimension</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>Wiring Diagram</p> </div> </div>																																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Technique Parameter</th> <th rowspan="2">型号 Type</th> <th rowspan="2">OK57H18112A-420-8-21B</th> <th rowspan="2">技术规格书</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>步距角 Step angle</td> <td>1.8°</td> <td>环境温度 Ambient Temperature</td> <td>-10 +50</td> </tr> <tr> <td>步距角精度 Step angle Accuracy</td> <td>5%</td> <td>绝缘电阻 Insulation Resistance</td> <td>100M Ω 500VDC</td> </tr> <tr> <td>电阻精度 Resistance Accuracy</td> <td>10%</td> <td>介电强度 Dielectric Strength</td> <td>500VAC</td> </tr> <tr> <td>电感精度 Inductance Accuracy</td> <td>20%</td> <td>绝缘等级 Insulation class</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>温升 Temperature Rise</td> <td>80 C Max</td> <td>重量 Weight</td> <td>KG</td> </tr> </tbody> </table>							Technique Parameter				型号 Type	OK57H18112A-420-8-21B	技术规格书	步距角 Step angle	1.8°	环境温度 Ambient Temperature	-10 +50	步距角精度 Step angle Accuracy	5%	绝缘电阻 Insulation Resistance	100M Ω 500VDC	电阻精度 Resistance Accuracy	10%	介电强度 Dielectric Strength	500VAC	电感精度 Inductance Accuracy	20%	绝缘等级 Insulation class	B	温升 Temperature Rise	80 C Max	重量 Weight	KG
Technique Parameter				型号 Type	OK57H18112A-420-8-21B	技术规格书																											
步距角 Step angle	1.8°	环境温度 Ambient Temperature	-10 +50																														
步距角精度 Step angle Accuracy	5%	绝缘电阻 Insulation Resistance	100M Ω 500VDC																														
电阻精度 Resistance Accuracy	10%	介电强度 Dielectric Strength	500VAC																														
电感精度 Inductance Accuracy	20%	绝缘等级 Insulation class	B																														
温升 Temperature Rise	80 C Max	重量 Weight	KG																														

Hoja Técnica
Edición: Octubre de 2009
Versión: N° 4
Sika® Boom-S

Sika® Boom-S

Espuma selladora expansiva de poliuretano

Descripción del Producto	<p>Sika® Boom-S es una espuma de poliuretano lista para usar que se expande y rellena perfectamente todo tipo de cavidades, con excelente adherencia a los materiales de construcción habituales (madera, hormigón, revoques, ladrillo, poliestireno expandido, metal).</p> <p>Sika® Boom-S endurece en contacto con el aire, y puede entonces trabajarse con herramientas tales como cuchillo o trincheta para después lijarse y pintarse (si fuera necesario).</p>
Usos	<ul style="list-style-type: none"> ■ Relleno de intersticios y fisuras. ■ Sellado de aberturas y conductos, evitando la entrada de aire, polvo, insectos, ruido, etc. ■ Fijación y aislamiento de puertas, ventanas, paneles, techos, conductos, cañerías, etc. ■ Aislamiento térmico y acústico. ■ Protección y aislamiento de instalaciones de aire acondicionado, de ventilación, etc. ■ Aislamiento térmico entre paredes dobles.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Buena aplicación a bajas temperaturas. ■ Rápido curado. ■ Alto rango de expansión. ■ Altamente aislante térmico y acústico. ■ Resistente al envejecimiento. ■ No deteriora la capa de ozono.
Datos del Producto	<p>Apariencia y Color: espuma amarillenta.</p> <p>Forma de entrega: aerosol de 300 ml, 500 ml y 750 ml.</p> <p>Almacenaje: en envases originales y en posición vertical, protegidos de la acción de la luz del sol directa, entre 10°C y 25°C. No exponer el envase a temperaturas superiores a los 50°C.</p> <p>Vida Útil: 9 meses. Los envases abiertos deberán utilizarse dentro de los siguientes 4 meses.</p>
Datos Técnicos	<p>Base química: poliuretano de curado expuesto a la humedad ambiente.</p> <p>Densidad aparente: 0.018 kg/l.</p> <p>Secado superficial: 15 min. a 10 min.</p> <p>Curado: 20 mm de cordón puede ser cortado luego de 30 minutos (+23 °C / 50% HRA). Curado total: después de 12 horas.</p> <p>Coefficiente de absorción de agua: 0,3 % en volumen.</p> <p>Temperatura de servicio: -40 °C a +80 °C (temporalmente por sobre +100 °C)</p> <p>Conductibilidad térmica: 0,04 W/ mK</p> <p>Propiedades mecánicas: (23 °C / 50% HRA)</p> <p>Compresión: 0,05 N/mm2 con 10% de deformación.</p> <p>Corte: 0,08 N/mm2</p> <p>Tracción: 0,18 N/mm2</p> <p>Elongación a la rotura: 30%</p>
Detalles de Aplicación y Consumo	<p>Preparación del sustrato: Limpiar el soporte; debe estar libre de grasa, descascaramiento, polvo o partículas sueltas. Se recomienda humedecer la cavidad antes de la aplicación.</p> <p>Consumo: Un envase de 500 ml. rinde entre 20 y 30 litros de volumen a rellenar (a mayor humedad ambiente, mayor aumento del volumen). Más de 100 metros lineales de espuma en cordón de 15 mm de diámetro.</p>



Ficha técnica de chapa metálica A36



PLACA A36

Placa de Acero al Carbón que ofrece excelente resistencia, fuerza y soldabilidad. Debido a esto es altamente utilizado en la industria en general.

Composición química

Carbón (Max)%	Manganeso	Fósforo (Max)%	Sulfuro (Max)%	Silicio	Cobre (min.)%
0.25	0.08	0.04	0.05	0.40max	0.2

Aplicaciones:

- Manufactura de piezas
- Estructuras
- Tanques
- Maquinaria industrial
- Postes
- Carrocerías
- Base de columnas
- Cartabones
- Construcciones
- Etc.

Propiedades Mecánicas

Tensión Ksi (Mpa)	58-80(400-500)
Punto de cedencia min., ksi(Mpa)	36 (250)C
Elongación en 8 pulg. min.%	20
Elongación en 2 pulg. min.%	23

Resistencia a la corrosión Atmosférica: La capa de zinc con la cual se recubre el acero de las láminas otorga una buena protección contra la corrosión atmosférica a este material. La durabilidad final dependerá de las condiciones ambientales en las cuales se utiliza y de que se sigan prácticas correctas de instalación.

Rodamiento

