

**CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE MESA VIBRATORIA PARA EL
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS MAQUETAS
ARQUITECTÓNICAS A IMPLEMENTARSE EN LA UNIVERSIDAD CESMAG**

MICHAEL SMITH GUERRERO GAVIRIA

**UNIVERSIDAD CESMAG
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y BELLAS ARTES
PROGRAMA DE ARQUITECTURA
SAN JUAN DE PASTO
2024**

**CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE MESA VIBRATORIA PARA EL
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS MAQUETAS
ARQUITECTÓNICAS A IMPLEMENTARSE EN LA UNIVERSIDAD CESMAG**

MICHAEL SMITH GUERRERO GAVIRIA

Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de arquitecto

Asesor:
Ing. Armando José Quijano Vodniza

**UNIVERSIDAD CESMAG
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y BELLAS ARTES
PROGRAMA DE ARQUITECTURA
SAN JUAN DE PASTO
2024**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, 18 de noviembre de 2024

El pensamiento que se expresa
en esta obra es de exclusiva
responsabilidad del autor
y no compromete la ideología
de la Universidad
CESMAG.

Cambia la tempestad en sosiego, Y se apaciguan sus ondas. Luego se alegran, porque se apaciguaron; Y así los guía al puerto que deseaban. Alaben la misericordia de Jehová, Y sus maravillas para con los hijos de los hombres.

Salmos 107:29-31 RVR1960

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos:

Agradezco primeramente a Dios por la oportunidad que me brindó de realizar esta investigación. Sus palabras escritas en Filipenses 4:6-7 me han guiado: “No se inquieten por nada; más bien, en toda ocasión, con oración y ruego, presenten sus peticiones a Dios y denle gracias. Y la paz de Dios, que sobrepasa todo entendimiento, cuidará sus corazones y sus pensamientos en Cristo Jesús.”

Expreso mi profundo agradecimiento a mi familia, especialmente a mi madre, Sandra Patricia Gaviria, quien estuvo presente en todo momento de mi carrera; a mi padre, Jesús Eugenio Guerrero, quien me apoyó en cada paso; a mis hermanas, Jaylene y Soranyi, quienes me acompañaron durante todo el proceso universitario; y a mi primer sobrino, Jared Camilo, quien me brindó felicidad.

Agradezco también a los profesores que brindaron su apoyo en esta investigación. Quiero destacar especialmente al Mg. Arq. Mario Germán Martínez Caicedo, quien desempeñó un papel importante en este proyecto de investigación, y a mi asesor, el Ing. Armando José Quijano Vodniza, quien acompañó mi trabajo de grado.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. ASPECTOS GENERALES DEL TRABAJO DE GRADO	19
1.1 OBJETO O TEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.2 CONTEXTUALIZACIÓN	19
1.2.1 MACROCONTEXTO	19
1.2.2 MICROCONTEXTO	19
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	20
1.3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.4 JUSTIFICACIÓN	20
1.5 OBJETIVOS	23
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	23
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
1.6 ÁREA DE INVESTIGACIÓN	23
1.7 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	24
1.8 ANTECEDENTES	24
1.9 ESTADO DEL ARTE	26
1.10 MARCO TEÓRICO	27
1.11 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	28

1.12 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	29
1.13 METODOLOGÍA	29
1.13.1 PARADIGMA	29
1.13.2 ENFOQUE	30
1.13.3 MÉTODO	30
1.13.4 POBLACIÓN	30
1.13.5 MUESTRA	31
1.13.6 TIPO DE INVESTIGACIÓN	31
1.13.7 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	31
1.13.8 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	31
1.13.9 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	32
2. QUÉ ES UNA MESA VIBRATORIA UNIAXIAL Y CUÁL ES SU PRINCIPAL FUNCIÓN	33
2.1 RECOLECCION DE DATOS	34
2.1.1 ENTENDER LOS DATOS	36
2.2 TENDENCIA	39
2.3 PERCENTIL	40
2.4 MAGNITUD MÍNIMA REGISTRADA	42
2.5 MAGNITUD MAXIMA REGISTRADA	43
2.6. ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO DE COMPONENTES NO FINITOS	43
2.6.1 ENTENDIMIENTO DEL MECANISMO	44
2.6.1.1 PLATAFORMA	45

2.6.1.2 RIELES	45
2.6.1.3 EJE	45
2.6.1.4 MOTOR	45
3. CONSTRUCCIÓN DEL PRIMER PROTOTIPO	46
3.1 MATERIALES	46
3.1.1 MADERA	46
3.1.2 TORNILLOS	46
3.1.3 TUERCAS	47
3.1.4 ARANDELAS	48
3.1.5 CHAMUYERAS	48
3.1.6 BARRAS DE ALUMINIO	49
3.1.7 CONFORMACIÓN DEL PRIMER MODELO DE TRABAJO	49
3.2 PRIMERAS PRUEBAS	50
3.2.1 CONTRAS	51
3.2.2 PROS	51
3.3 MEJORAMIENTO DEL MODELO	51
3.3.1 MADERA	52
3.3.2 TORNILLOS	53
3.3.3 TUERCAS	53
3.3.4 ARANDELAS	54
3.1.5 ENGRANAJE	55
3.1.6 BARRAS DE ALUMINIO	55
3.1.7 RIELES	56

3.1.8 BALINERAS	56
3.4 SISTEMA DE ENGRANAJES	57
3.5 CONSTRUCCIÓN DEL PRIMER MODELO CON SUS MEJORAS	58
3.6 AVANCE PARCIAL DEL MODELO DE MESA VIBRATORIA	63
3.7 MEJORAMIENTO DEL PRIMER PROTOTIPO	63
3.7.1 ENGRANAJES	63
3.7.2 MANIVELA	65
3.7.3 ESTRUCTURA DE LA MESA	66
3.7.4 DESPIECE DE LA MADERA	67
3.7.5 CURAR LA BASE	69
3.7.6 CONSOLIDACIÓN DE LAS PARTES	70
4. GENERACIÓN DE UN SEGUNDO PROTOTIPO DE COMPROBACIÓN CON LAS CORRECCIONES PERTINENTES, BASADAS EN EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PRIMER PROTOTIPO	73
4.1 NUEVO MECANISMO	73
4.1.1 MECANISMO DE RIELES	73
4.1.2 MECANISMO DE BIELA MANIVELA	74
4.2 DISEÑO DE LA MESA SOBRE UN SOTWARE	75
4.3 MECANISMO BIELA-MANIVELA	76
4.4 MECANISMO DE RILES CON LA MESA MOVIL	80
4.5 CONSOLIDACIÓN DE LAS PARTES CREADAS	82
4.6 DIBUJO MECANICO	86

5.CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FINAL DE MESA VIBRATORIA FUNCIONAL, TENIENDO EN CUENTA LAS MEJORAS REALIZADAS EN LOS PROTOTIPOS ANTERIORES, PARA SU USO EN LA UNIVERSIDAD CESMAG	89
5.1 ESTRUCTURA DE LA MESA	89
5.2 BASE MOVIL	92
5.3 MECANISMO FINAL	92
5.3 MESA FINAL EN 3D	94
5.4 MESA FINAL COMO MUEBLE DE TRABAJO	96
5.6 DESARROLLO DE PRUEBAS CON EL MECANISMO EN FUNCIONAMIENTO SOBRE LA MESA DE TRABAJO	97
5.8 PRUEBAS FINALES CON DIFERENTES TIPOS DE MAQUETAS	98
5.9 PRESENTACION FINAL DE LOS PLANOS MECANICOS DE LA MESA	99
6. CONCLUSIONES	100
7. RECOMENDACIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	104
ANEXOS	106
	109

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Organización de los datos obtenidos en el cuadro 1	36
Figura 2. Magnitudes con línea tendencial	40
Figura 3. Mecanismo de funcionamiento primer prototipo escala 1/5	44
Figura 4. Tornillos de amarre para madera	47
Figura 5. Tuerca de amarre para el tornillo	47
Figura 6. Arandelas para fijar	48
Figura 7. Chamuyeras de agarre	48
Figura 8. Barra para fijar la chamuyera	49
Figura 9. Primer prototipo de la mesa	50
Figura 10. Qr de primer prototipo	51
Figura 11. Mesa de soporte colocando los rieles	52
Figura 12. Tornillos de amarre para madera	53
Figura 13. Tuerca de amarre para el tornillo	54
Figura 14. Arandelas para fijar	54
Figura 15. Engranajes en madera de prueba	55
Figura 16. Barra para fijar los engranajes	55
Figura 17. Rieles metálicos para la oscilación	56
Figura 18. Balineras para los engranajes	56
Figura 19. Instalación de los rieles sobre la base	58
Figura 20. Instalación del marco de la plataforma	59

Figura 21. Instalación sobre la plataforma la otra parte del riel	60
Figura 22. Vuela de mecanismo	61
Figura 23. Mecanismo de engranajes	61
Figura 24. Maquetas que se deben utilizar	62
Figura 25. Mesa vibratoria del primer objetivo	63
Figura 26. Engranajes desordenados	64
Figura 27. Engranajes ordenados	65
Figura 28. Manivela de acción	67
Figura 30. Estructura para la mesa	68
Figura 31. Instalación de las piezas	69
Figura 32. Curado de la base que se propone	70
Figura 33. Mesa consolidada	71
Figura 34. Tuercas de seguridad	72
Figura 35. Rieles lineales	74
Figura 36. Biela-manivela	75
Figura 37. Motor	76
Figura 38. Soporte del motor	76
Figura 39. Anclaje del motor	77
Figura 40. Manivela	77
Figura 41. Biela	77
Figura 42. Balineras	78
Figura 43. Ejes de sujeción	78

Figura 44. Partes del mecanismo	79
Figura 45. QR del mecanismo	79
Figura 46. Mesa móvil	80
Figura 47. Riel lineal	80
Figura 48. Balinera lineal	81
Figura 48. Alza	81
Figura 49. QR del mecanismo de rieles	82
Figura 50. Mueble 3d	83
Figura 50. Mueble 3d frontal	83
Figura 51. QR con el mueble y el autor	84
Figura 52. QR primeras pruebas	85
Figura 53. Primer plano general	87
Figura 54. Primer plano detalle	87
Figura 55. Primer plano explosivo	88
Figura 56. Estructura isométrica	90
Figura 57. Avance de la estructura de la mesa como mueble	91
Figura 58. Estructura del mueble	91
Figura 59. Base móvil del mueble	92
Figura 60. Mecanismo final del mueble	93
Figura 61. Mesa en 3D final	94

Figura 61. Mesa en 3D final video	95
Figura 62. Mecanismo en 3D final	96
Figura 63. Mesa final de trabajo	97
Figura 64. Mesa universidad CESMAG sede MUSD	98
Figura 66. Qr diferentes pruebas de maquetas	100

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Recolección de datos de los últimos sismos registrados en San Juan de Pasto	34
Cuadro 2. Magnitudes ordenadas	36
Cuadro 3. Intensidades típicamente observadas con los temblores de estas magnitudes cerca del epicentro (USGS)	38
Cuadro 4. Escala de Intensidades Modificada de Mercalli (MMI). Figura tomada de Pin-Molina (2019)	39
Cuadro 5. Magnitudes ordenadas con sus percentiles	42

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Sismos registrados a nivel Nariño en los últimos 10 años	108
Anexo B. Sismos registrados a nivel Pasto en los últimos 10 años	112
Anexo C: Plano General de la mesa	113
Anexo D: Plano estructural de la mesa	114
Anexo E: Plano de detalles de la mesa 1	115
Anexo F: Plano de detalle de la mesa 2	116
Anexo G: Plano de detalle de la mesa 3	117
Anexo H: Plano explosivo de la mesa	118
Anexo I: Plano renderización de la mesa 1	119
Anexo J: Plano renderización de la mesa 2	120
Anexo K: Afiche 1 tipo concurso	121
Anexo L: Afiche 2 tipo concurso	122
Anexo M: Afiche 3 tipo concurso	123
Anexo N: Plano renderización de la mesa 2	124
Anexo O: Certificado de ponencia sobre la investigación realizada	125
Anexo P: QR de las diapositivas finales.	126

GLOSARIO

ANÁLISIS ESTÁTICO: Evaluación de la estabilidad y resistencia de una estructura sin movimiento.

BALINERAS: Rodamientos utilizados para facilitar el movimiento en un sistema mecánico.

BIELA-MANIVELA: Mecanismo que convierte el movimiento rotativo en movimiento lineal.

EJE DE SUJECCIÓN: Elemento que conecta y soporta piezas móviles en un mecanismo.

FRICCIÓN: Resistencia al movimiento entre dos superficies en contacto.

INERCIA: Resistencia de un objeto a cambiar su estado de movimiento.

ISOMÉTRICO: Proyección gráfica que representa un objeto en tres dimensiones.

MESA VIBRATORIA: Dispositivo utilizado para simular vibraciones y terremotos en maquetas arquitectónicas.

MOTOR: Dispositivo que proporciona movimiento mediante energía mecánica.

PLANO ESTRUCTURAL: Dibujo técnico que muestra los detalles de la construcción de una estructura.

PROTOTIPO: Primera versión de un dispositivo o modelo utilizado para pruebas y mejoras.

RIELES LINEALES: Sistema que permite el movimiento fluido de una estructura.

SIMULACIÓN: Proceso de imitar el comportamiento de un sistema mediante un modelo.

UNIAXIAL: se refiere a algo que tiene una sola dirección o un único eje.

BIAXIAL: se refiere a algo que tiene dos ejes o direcciones principales. El término se utiliza en diversos campos, como la física, la geología, la ingeniería y otros ámbitos científicos.

VERSATILIDAD: Capacidad de un material o diseño para adaptarse a diferentes usos o condiciones.

VIBRÓMETRO: Instrumento utilizado para medir la magnitud de las vibraciones.

RESUMEN

En este texto se destaca la importancia de abordar la fragilidad de las estructuras ante los sismos. Se mencionan casos de desastres en Colombia y Turquía para enfatizar la necesidad de construcciones sólidas. El enfoque de investigación se centra en el desarrollo de una mesa vibratoria para comprender mejor el comportamiento estructural y fortalecer las edificaciones.

La mesa vibratoria es una herramienta que permite realizar estudios estructurales previos, brindando a los estudiantes de arquitectura la oportunidad de poner a prueba sus conocimientos. El objetivo es obtener una comprensión más profunda de cómo las estructuras se comportan durante los sismos, lo que contribuirá a mejorar la formación académica y la futura labor profesional. La mesa se diseña de manera que pueda generar vibraciones uniaxiales, simular sismos y abordar problemas como la fatiga estructural.

Se construye una mesa vibratoria ligera y fácilmente transportable, con un mecanismo dinámico que incluye rieles y un motor vibrador ajustable. Esto permite reproducir vibraciones sísmicas y facilitar la enseñanza de estructuras en el aula. Se presenta un modelo funcional de la mesa para realizar pruebas con diferentes tipos de estructuras creadas por los estudiantes, recopilando datos que mejorarán el análisis y la evaluación de los proyectos. Esto beneficiará tanto a los alumnos como a los profesores en el estudio del comportamiento estructural y en la obtención de resultados más precisos.

Palabras claves: Sismo, conocimiento, comportamiento.

ABSTRACT

This text highlights the importance of addressing the fragility of structures in the face of earthquakes. Disaster cases in Colombia and Turkey are mentioned to emphasize the need for solid construction. The research focus is on the development of a vibrating table to better understand the structural behavior and strengthen buildings. The vibrating table is a tool that allows preliminary structural studies to be carried out, giving architecture students the opportunity to test their knowledge. The goal is to gain a deeper understanding of how structures behave during earthquakes, which will help improve academic training and future professional work. The table is designed in such a way that it can generate uniaxial vibrations, simulate earthquakes, and address problems such as structural fatigue.

A light and easily transportable vibrating table is built, with a dynamic mechanism that includes rails and an adjustable vibrating motor. This makes it possible to reproduce seismic vibrations and facilitate the teaching of structures in the classroom. A functional model of the table is presented to carry out tests with different types of structures created by the students, collecting data that will improve the analysis and evaluation of the projects. This will benefit both students and teachers in the study of structural behavior and in obtaining more accurate results.

Keywords: Earthquake, knowledge, behavior.

INTRODUCCIÓN

Tomando como referencia el sismo de Armero en 1999 en Colombia, considerados uno de los desastres naturales más devastadores en el país, y el reciente terremoto en Turquía (2023) que afectó gravemente las edificaciones, se evidencia la debilidad estructural y la inseguridad que puede causar una mala construcción. Por esta razón, el tema de investigación se centra en el desarrollo de una mesa vibratoria para mejorar la comprensión de estos fenómenos y fortalecer las estructuras.

La mesa vibratoria es una herramienta dinámica. Su objetivo es brindar a los estudiantes de arquitectura la oportunidad de poner a prueba sus conocimientos en la materia. A través de esta mesa vibratoria, se busca obtener un mejor entendimiento del comportamiento de las estructuras frente a eventos sísmicos, proporcionando resultados que contribuyan a mejoramiento de la formación académica como la futura labor profesional.

Dado el carácter impredecible de los sismos, especialmente en una región como San Juan de Pasto, se construye una mesa vibratoria con la función principal de generar vibraciones uniaxiales. El objetivo es brindar a estudiantes y profesores la oportunidad de comprender, analizar, enseñar y aprender cómo se comportan las estructuras durante un sismo. Por esta razón, la estructura debe ser a escala reducida para obtener resultados más precisos. Además, esta mesa permite abordar otros problemas externos que afectan a las estructuras, como las deformaciones que son provocadas por las cargas

3. Se busca así fortalecer la enseñanza sobre el comportamiento estructural en diferentes escenarios.

La mesa vibratoria se construye de manera que su plataforma pueda generar vibraciones horizontales en un elemento estructural vertical. Las características que se buscan en esta mesa vibratoria son que sea ligera y fácil de transportar para su uso en las aulas, así como que sea rígida y duradera. Para lograr la vibración, la mesa cuenta con un mecanismo dinámico compuesto por rieles. Además, se utiliza un motor ajustable que permite cambiar la velocidad de la mesa y se facilite la enseñanza de estructuras en las clases de arquitectura. Este mecanismo garantiza el funcionamiento adecuado de la mesa y la reproducción de las vibraciones deseadas.

En este trabajo de grado se presenta un modelo funcional de la mesa vibratoria con el propósito de someterlo a pruebas con diferentes modelos estructuras creadas por

los estudiantes de arquitectura. Además, se realiza un proceso de recolección de datos para mejorar el análisis de los proyectos en cuanto a su parte estructural, beneficiando tanto a los alumnos como a los profesores en el estudio y evaluación de los resultados obtenidos.

1. ASPECTOS GENERALES DEL TRABAJO DE GRADO

1.1 OBJETO DE INVESTIGACIÓN

El objeto de investigación de este proyecto es una mesa vibratoria diseñada para facilitar una comprensión más dinámica de los modelos estructurales en el contexto de la resistencia sísmica en Colombia. basado en la normativa de la NSR-10 (Norma Sismo Resistente 2010). Esta norma regula las condiciones que deben cumplir las estructuras en Colombia para hacer frente a posibles sismos. Si bien los sismos en esta región no son predecibles, el uso de esta mesa vibratoria permite realizar análisis previos de los modelos estructurales antes de su construcción, lo cual garantiza proyectos más confiables y seguros.

1.2 CONTEXTUALIZACIÓN

En Colombia se conoce que la actividad sísmica que es muy elevada, es por eso que las construcciones se basan en muchas normas, las cuales permiten que estas sean lo más seguras para las personas que vayan habitar ese lugar; Una de esas normas es la NSR (norma sismo resistente), la cual esta norma nace a partir del sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983, el cual fue devastador, formando así una regulación en las técnicas y parámetros acerca de cómo debe actuar una estructura a los posibles sismos que sucedan en el futuro en el país.

1.2.1 Macrocontexto.

El macrocontexto se ubica en los puntos donde se encuentran la mayoría de epicentros en el departamento de Nariño. Por ende, el lugar donde se va a intervenir es una zona con un perímetro de aproximadamente 835 kilómetros, en la cual se encuentran ciudades afectadas por los sismos. Entre ellas se encuentran: La Florida, Tumaco, Barbacoas, El Tambo, Sandoná y Pasto, que es el punto principal de actividad sísmica. Es importante destacar que esta zona depende de la cordillera de los Andes y de los movimientos de la placa tectónica en la parte de Tumaco.

1.2.2 Microcontexto.

El microcontexto se ubica específicamente en la ciudad de Pasto, departamento de Nariño, donde hay una presencia indiscutible de fallas sísmicas, principalmente debido a la amenaza volcánica. Por lo tanto, el enfoque principal estará en toda la ciudad de Pasto.

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la ciudad de San Juan de Pasto no existe un método didáctico que permita a los estudiantes de arquitectura analizar las deformaciones en los modelos estructurales de manera práctica. Por esta razón, el objeto de estudio es una mesa vibratoria uniaxial, diseñada como una herramienta pedagógica que permite simular de manera empírica el comportamiento de las estructuras frente a sismos. Este modelo busca fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje en la universidad, ofreciendo a los estudiantes una aproximación más tangible a los modelos estructurales.

1.3.1 Planteamiento del problema.

Este modelo de mesa vibratoria uniaxial es un elemento dinámico que facilita el estudio análogo de las deformaciones en los modelos estructurales. Permite realizar comprobaciones inmediatas y obtener resultados prácticos que pueden ser contrastados de manera empírica con el comportamiento esperado de las estructuras. Por esta razón, el modelo se diseña a escala, orientado específicamente a la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de arquitectura. Su propósito es brindar una herramienta pedagógica realista que enriquezca el proceso educativo, fomentando una comprensión más profunda de las estructuras en proyectos arquitectónicos.

1.3.2 Formulación del problema.

En la ciudad de San Juan de Pasto, el estudio de las estructuras se realiza principalmente mediante software, debido a la ausencia de métodos análogos que permitan una verificación práctica. Esta limitación destaca la necesidad de desarrollar herramientas complementarias que ofrezcan una comprensión más tangible de las deformaciones estructurales. En este contexto, surge la siguiente pregunta: ¿De qué manera una mesa vibratoria uniaxial, como modelo análogo, puede contribuir al aprendizaje y la comprobación empírica en los proyectos arquitectónicos?

1.4 JUSTIFICACIÓN

La investigación en curso es de gran relevancia, ya que busca diseñar un modelo de mesa vibratoria uniaxial que funcione como una herramienta pedagógica para estudiar las deformaciones estructurales que ocurren en las edificaciones ante eventos sísmicos. Esta herramienta permitirá a los estudiantes del programa de Arquitectura observar y analizar, de manera práctica, cómo las estructuras responden a diferentes tipos de movimientos, facilitando el entendimiento de los

conceptos asociados a la estructura. La mesa vibratoria es especialmente útil porque permite incorporar variables clave, como la frecuencia y la duración del movimiento. Al generar simulaciones a escala, los estudiantes podrán visualizar las deformaciones que se producen en sus maquetas, comprendiendo mejor los principios fundamentales de la sismorresistencia y fortaleciendo su capacidad para entender las estructuras de una forma segura y eficiente.

La investigación que se presenta tiene como beneficiarios principales a los estudiantes del programa de Arquitectura, ya que les permitirá poner en práctica sus conocimientos sobre el comportamiento de las estructuras ante movimientos sísmicos. El modelo, diseñado como herramienta educativa, facilitará el aprendizaje mediante la observación y análisis en tiempo real de las deformaciones estructurales que se producen bajo diferentes frecuencias y duraciones de vibración. Esto permitirá a los estudiantes comprender mejor cómo los elementos estructurales interactúan y responden ante movimientos dinámicos, fomentando una formación más integral.

Se espera que la mesa vibratoria se convierta en un recurso fundamental para las clases de estructuras, al servir como un modelo de verificación dinámica. Esta herramienta permitirá evaluar las propuestas estructurales de manera práctica y visual, proporcionando a los estudiantes una experiencia directa que complementa el aprendizaje teórico.

El objeto de estudio de este trabajo es el desarrollo de un modelo de mesa vibratoria diseñado específicamente para analizar el comportamiento de modelos estructurales en relación con la sismicidad de la zona. Este modelo tiene como propósito principal facilitar el aprendizaje de los principios de diseño sismorresistente, promoviendo una comprensión práctica de los conceptos establecidos en la normativa NSR-10.

En el análisis de estructuras ante movimientos sísmicos, es fundamental considerar variables clave como la frecuencia y el tiempo de vibración. Estas variables permiten simular diferentes tipos de movimientos que afectan las estructuras, brindando a los estudiantes la oportunidad de observar directamente cómo se generan las deformaciones y qué aspectos del diseño estructural resultan más críticos. Aunque la escala de Richter será tomada como referencia en este estudio, el modelo no busca replicar un sismo real, sino proporcionar un entorno controlado donde los estudiantes puedan experimentar con parámetros dinámicos y analizar sus efectos en las estructuras a escala.

En resumen, este estudio busca desarrollar un modelo de mesa vibratoria como herramienta pedagógica para el análisis y aprendizaje de cómo las estructuras se comportan ante eventos sísmicos. Desde una perspectiva arquitectónica, este modelo facilitará la comprensión de las interacciones entre el diseño estructural y las normativas aplicables, promoviendo soluciones más seguras y eficaces en proyectos arquitectónicos. Además, permitirá explorar las variables que influyen en el desempeño estructural, fomentando un enfoque integral y consciente del diseño en zonas sísmicas.

En este caso, el modelo de mesa vibratoria se plantea como una herramienta de investigación destinada a validar la viabilidad de proyectos arquitectónicos ante eventos sísmicos, utilizando un enfoque de comprobación empírica y analógica. Su aplicación es clave para evaluar maquetas estructurales a escala, permitiendo observar su comportamiento dinámico en tiempo real. Esto no solo facilita el análisis práctico de las propuestas arquitectónicas, sino que también permite comparar los resultados obtenidos mediante simulaciones en software estructurales, enriqueciendo el proceso de diseño y aprendizaje.

El objetivo principal es desarrollar un modelo de comprobación a través de la mesa vibratoria, que facilite la evaluación de la viabilidad de los proyectos arquitectónicos frente a eventos sísmicos. Este modelo permitirá analizar maquetas estructurales en tiempo real, proporcionando una herramienta práctica para observar su comportamiento dinámico y compararlo con los resultados obtenidos mediante simulaciones digitales, enriqueciendo el proceso de diseño arquitectónico.

El interés de este estudio, centrado en el desarrollo de un modelo de mesa vibratoria, está enfocado en un público específico, principalmente estudiantes y profesionales de arquitectura que buscan evaluar sus estructuras y detectar posibles fallos. Su aplicación está concebida para un contexto local y, en el mejor de los casos, regional, considerando las particularidades de la sismicidad de la zona. Para este trabajo de grado, se han tomado como referencia los sismos registrados en la región de Nariño, Colombia, durante los últimos 10 años, con el fin de asegurar que el modelo esté alineado con las condiciones sísmicas propias del área.

La innovación de este proyecto reside en el desarrollo de un modelo de mesa vibratoria que incorpora el uso de herramientas como la impresión 3D. Esta tecnología permite fabricar componentes específicos que no se encuentran disponibles en el mercado, otorgando flexibilidad en el diseño y personalización del

mecanismo. Gracias a ello, es posible crear un sistema funcional que genera el movimiento necesario para realizar análisis dinámicos en modelos estructurales, convirtiéndose en una herramienta única para la enseñanza y evaluación arquitectónica.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general.

Construir la mesa vibratoria que funcione como modelo analógico para la comprobación empírica de los modelos estructurales ante la eventualidad de un sismo.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Analizar el funcionamiento de una mesa vibratoria para la comprobación del primer prototipo y comprender su mecanismo y funcionamiento de manera más precisa.
- Construir un primer prototipo para obtener información y experiencia práctica sobre el mecanismo y funcionamiento de la mesa vibratoria.
- Generar un segundo prototipo de comprobación con las correcciones pertinentes, basadas en el análisis de los resultados del primer prototipo.
- Construir el modelo final de mesa vibratoria funcional, teniendo en cuenta las mejoras realizadas en los prototipos anteriores, para su uso en la Universidad CESMAG.

1.6 ÁREA DE INVESTIGACIÓN

El objeto de estudio pertenece al área de arquitectura y tecnología, ya que se trata de un modelo de mesa vibratoria que combina herramientas analógicas y tecnología para obtener datos precisos y acordes a la realidad. Este tipo de objeto dinámico es importante para la enseñanza y aprendizaje del comportamiento de una estructura ante sismos, convirtiéndose así en una herramienta didáctica de gran utilidad. La investigación que se llevará a cabo es de carácter cuantitativo y permitirá el análisis y formulación de hipótesis en torno al comportamiento de las estructuras ante los sismos, lo cual es fundamental para el diseño y construcción de edificios sismo-resistentes. En definitiva, se trata de un proyecto que busca potenciar la relación entre la arquitectura y la tecnología con la finalidad de mejorar la seguridad en la construcción de estructuras ante eventos sísmicos.

1.7 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación que se aborda en este proyecto es la de estructuras, ya que el objeto de estudio es una mesa vibratoria que permite la comprobación de las estructuras arquitectónicas mediante la norma sísmo-resistente de Colombia. La mesa vibratoria somete a prueba el conocimiento de esta normativa y, a su vez, permite comprobar nuevas formas arquitectónicas en relación con las estructuras. La finalidad de esta investigación es potenciar las habilidades estructurales de los arquitectos en base a la norma sísmo-resistente, lo cual es fundamental para garantizar la seguridad de los edificios ante eventos sísmicos. En definitiva, se trata de un proyecto que busca mejorar el conocimiento y la aplicación de la normativa sísmo-resistente en la arquitectura y, por ende, la seguridad en la construcción de edificios.

1.8 ANTECEDENTES

La historia de la mesa vibratoria surge a partir de la necesidad de comprobar la sismoresistencia de las estructuras. Se sabe que existieron muchos modelos de estas mesas, siendo la mesa vibratoria de comprobación de hormigón en 1920 una de las primeras en ser registradas como objeto de estudio. Es importante destacar que el estudio del concreto comenzó en el año 1900, siendo los primeros estudios realizados en Tokio, debido a que esta ciudad se encuentra en una zona sísmica y está expuesta a diferentes fenómenos naturales, como los terremotos. A lo largo del tiempo, la tecnología de las mesas vibratorias ha evolucionado significativamente, permitiendo una mayor precisión en las pruebas y un mejor entendimiento de la resistencia y el comportamiento de las estructuras ante vibraciones sísmicas y otros fenómenos naturales, la historia de la mesa vibratoria es una muestra de cómo la tecnología ha evolucionado para satisfacer las necesidades de la ingeniería y la construcción, especialmente en zonas sísmicas como Tokio, y cómo estas herramientas han permitido un mayor entendimiento y avance en el campo de la sismoresistencia y la seguridad de las estructuras.

Desde principios del siglo xx, los arquitectos e ingenieros de Japón habían comenzado a usar estructuras de concreto armado y de acero, y las configuraciones arquitectónicas que en ese momento se imponían en Europa y Estados Unidos y que habían surgido como consecuencia de las libertades que les permitían estos nuevos avances en la manera de construir. Como consecuencia del gran sismo de Kanto, Japón, en 1923, que causó una gran destrucción en Tokio y Yokohama, se evaluaron las nuevas tecnologías constructivas y la variedad de configuraciones edificatorias que habían generado. John Freeman describe en su libro *Earthquake Damage and Earthquake Insurance* que después del sismo de Kanto, Tachu Naito, un

reconocido ingeniero y profesor de arquitectura de la Universidad de Waseda en Tokio, que había diseñado y calculado varios edificios que tuvieron un excelente comportamiento en dicho sismo, fue invitado a presentar un resumen en inglés de su libro en el boletín de junio de 1927 de la Sociedad Sismológica de Estados Unidos, porque se consideraba que era un verdadero tratado sobre diseño sismorresistente. Dicho libro había sido escrito en japonés ocho años antes del mencionado sismo. Según Freeman, Naito explicó que Toshikata Sano, de la Universidad Imperial de Tokio, fue aparentemente el primer autor que realizó un estudio sistemático de los edificios sismorresistentes del nuevo estilo arquitectónico denominado *European and American types* (los tipos europeo y estadounidense), basándose en la información que se obtuvo del sismo de San Francisco de 1906. Al respecto, Naito mencionó que el nuevo estilo de arquitectura comercial que se estaba construyendo en Estados Unidos había comenzado también a adoptarse desde principios del siglo en los grandes edificios japoneses, debido principalmente a la rapidez con que se podían construir y a que, en comparación, resultaban más baratos que los edificios rígidos por él propuestos, pero que no prestaban particular atención a su sismorresistencia. Muchos de estos edificios sufrieron daños severos en el sismo de Kanto. Glen Berg resume en cuatro puntos los principios fundamentales para el diseño de edificios sismorresistentes propuestos por Naito en su libro, en los cuales hace mención a aspectos de la configuración arquitectónica de los edificios:

1. Un edificio debe ser diseñado para actuar como un cuerpo sólido rígido en la medida de las posibilidades. Los miembros estructurales deben estar rígidamente conectados y reforzados generosamente.
2. Se debe usar una "planta cerrada"; es decir, la forma de la planta del edificio debe ser un rectángulo completamente cerrado en lugar de una forma de U, L, Yo H.
3. Se debe usar un buen número de paredes rígidas y dispuestas simétricamente en planta y continuas en toda la altura del edificio.
4. Las fuerzas laterales deben distribuirse en los pórticos de la edificación en proporción a su rigidez¹.

Por ende se debe entender

La historia de las mesas vibratorias se remonta en el siglo XIX en Japón y tenían por objetivo ser una herramienta experimental para brindar soporte en el estudio teórico del comportamiento de una estructura bajo efectos sísmicos. Estas mesas manualmente, que mediante una rueda de manivela y una plataforma móvil que estaba sobre rieles paralelos generaban un movimiento armónico en una dirección. En el año 1906 la Universidad de Standford realizó la construcción de una mesa vibratoria con un movimiento en una sola

¹ Guevara Pérez, T. (2009). Arquitectura moderna en zonas sísmicas. Reverte, pp. 61-62.

dirección realizado con un motor eléctrico; esta innovación del motor eléctrico podría llevar al modelo de estructura puesto hasta su destrucción².

En el 2013 se encontró un primer diseño de mesa vibratoria aprobada en Colombia en el trabajo de grado con el nombre de evaluación del diseño de una pequeña mesa vibratoria para ensayos en ingeniería sismo-resistente donde se observa una pequeña mesa vibratoria

En la Universidad de California, en mayo de 2017, se creó un dispositivo educativo diseñado por Kenyon D. Potter para simular los efectos de un terremoto. Este dispositivo se compone de una placa de soporte colocada encima de amortiguadores o elementos flexibles que permiten el movimiento de los modelos. La velocidad de la mesa vibratoria depende del peso de los modelos que se colocan sobre la placa principal.

1.9 ESTADO DEL ARTE

La población que se va a analizar en este objeto de estudio se clasifica en tres tipos de mesas vibratorias: uniaxial, biaxial y triaxial. Esto depende de los grados de libertad en los cuales la mesa se mueve en los diferentes ejes y a su vez también se quiere que el análisis de estas mesas vibratorias permitirá evaluar su rendimiento y su capacidad para simular los efectos de un sismo en estructuras arquitectónicas. La mesa vibratoria uniaxial es un tipo de mesa que generalmente se mueve en una sola dirección, ya sea hacia arriba y abajo o lateralmente.

En el caso de la mesa vibratoria biaxial, se mueve en dos direcciones diferentes, lo que permite simular movimientos más complejos. Esto implica que puede generar vibraciones tanto en sentido lateral como horizontal, lo cual amplía las posibilidades de análisis y evaluación de estructuras ante diferentes escenarios sísmicos. Por otro lado, la mesa vibratoria triaxial es aún más versátil, ya que tiene la capacidad de moverse en tres direcciones: vertical, horizontal y lateral. Esto significa que puede simular movimientos sísmicos más realistas y completos, ya que reproduce las tres componentes principales de un terremoto.

² Gómez Pachón, C. D., Leguizamón Vera, C. A. y Mahecha Arias, D. (2018). Diseño y fabricación de mesa vibratoria para análisis de sismos con fines académicos. Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio. Consultado el 3 de marzo de 2023. Disponible en la dirección electrónica: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/34fc5886-0df0-45a0-9331-6b10860456ce/content>

1.10 MARCO TEÓRICO

Las ciudades contemporáneas ubicadas en zonas sísmicas, y las consideraciones sobre la influencia de la configuración en el comportamiento sismorresistente de los edificios singulares.

En la cronología se destaca la sincronía entre normas y recomendaciones sísmicas de California (SEAOC, UBC-IBC), la realización de los congresos mundiales de ingeniería sísmica y algunos sismos importantes. Así mismo, como referencia cronológica del desarrollo de la arquitectura y la planificación urbana, se ubican la Bauhaus, los CIAM y la Carta de Atenas.

El aprendizaje al final del siglo XX fue que la mayoría de los edificios que se construyeron a lo largo de todo el siglo se diseñaron con formas complejas que pueden ser las causantes de un comportamiento inapropiado ante las acciones de los sismos. Entre estas formas se pueden distinguir: a) la distribución irregular de los componentes constructivos que definen la rigidez y la resistencia de forma irregular; b) entrantes y salientes de dimensiones significativas tanto en planta como en alzado; c) losas de piso con grandes aberturas que producen discontinuidad en la distribución de las fuerzas horizontales; d) proporciones extremas que generan edificios esbeltos y alargados; e) uso de componentes no estructurales que modifican el comportamiento del sistema de resistencia sísmica; f) componentes no estructurales cuyo comportamiento independiente no esperado ni deseado puede causar daños a las personas y pérdidas económicas cuantiosas; g) incorporación sobre la trama urbana tradicional de edificios contemporáneos y adyacentes a los existentes sin tener en cuenta los efectos que se pueden producir entre ellos.

Debido a la gran variedad de formas y tamaños que se puede generar por la combinación de los diferentes aspectos arquitectónicos y la complejidad para modelar en la fase de diseño paramétrico o analítico su posible comportamiento, las normas han tardado en incorporar parámetros relacionados con la configuración arquitectónica y a menudo se recurre a las simplificaciones.

Esta tendencia conduce, en muchos casos, a soluciones que no se ajustan a la realidad. Por ello, es conveniente que no sólo se cumplan los requisitos establecidos en las normas, sino también que se manejen los conceptos que permitan entender el comportamiento del edificio como un todo, y poder definir medidas complementarias de seguridad y garantizar, ante la incertidumbre, una redundancia

que equilibre la falla de alguna de las partes esenciales del sistema de resistencia sísmica.

“En este apartado se relata cómo se fue fortaleciendo la premisa de la relación entre los aspectos arquitectónicos de un edificio o conjunto de ellos y su comportamiento sismorresistente. En las secciones posteriores se describirán diferentes casos de irregularidad en la configuración de los edificios como un todo, es decir, del edificio singular, y entre edificios adyacentes o colindantes”³.

1.11 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

En este modelo de mesa vibratoria, desarrollado como parte de una investigación aplicada, se consideran variables que pueden ser medidas y analizadas mediante fórmulas matemáticas. Las variables principales de estudio en esta ocasión son el tiempo, la frecuencia y la magnitud del movimiento. Estas permiten cuantificar el comportamiento dinámico de las estructuras a escala, proporcionando una base sólida para el análisis y la evaluación de los modelos estructurales en contextos sísmicos.

El periodo es una de las variables más importantes, ya que se verá reflejado en las siguientes variables como un punto crucial. En objeto de estudio, el tiempo se medirá en segundos, representado en su totalidad con la letra 'T'. En esta mesa vibratoria, el tiempo desempeña un papel esencial, ya que simula sismos a escala en tiempo real. Además, el tiempo varía según la duración de la simulación del sismo en la mesa vibratoria.

La frecuencia en un sismo se expresa normalmente como la cantidad de ciclos o vibraciones completadas que ocurren en un tiempo determinado. En el objeto de estudio, esto significa que simulará, a través de su mecanismo, las ondas sísmicas generadas por el terremoto. En un sismo real, se conocen las ondas primarias y las ondas secundarias, siendo la onda primaria la que será simulada por la mesa sísmica, mientras que las secundarias son más conocidas como réplicas y no las hará la mesa. La frecuencia se mide en hertz (Hz), y su fórmula matemática es la siguiente: Frecuencia (f) = velocidad de propagación (v) / longitud de onda (λ).

³ Biblioteca Digital, Universidad de Chile. (Base de datos en línea). (s.f.). Consultado el 3 de marzo de 2023. Disponible en la dirección electrónica: https://bibliotecadigital.uchile.cl/discovery/fulldisplay?vid=56UDC_INST:56UDC_INST&tab=Everything&docid=alma991000432239703936&lang=es&context=L&adaptor=Local%20Search%20Engine&query=sub,exact,Ingeniería%20sísmica%20--%20Normas,AND&mode=advanced.

Además, la longitud de onda también se mide, y su fórmula es Longitud de onda (λ) = velocidad de propagación (v) \times período (T)

La magnitud es otra de las variables que se utilizará en esta mesa vibratoria. El propósito de esta variable, en términos generales, es describir de manera cuantitativa la energía liberada en un sismo utilizando una escala numérica. Es por eso que la magnitud guarda relación con la cantidad de energía liberada por el terremoto, en este caso, la energía liberada por la mesa vibratoria. La fórmula matemática que se utilizará es la siguiente: $M_w = (2/3) * \log_{10}(M_0) - 10.7$. A su vez, se debe entender que esta es la fórmula base de la magnitud en un sismo y, por ende, también recordar que se debe ajustar a la escala.

1.12 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Se postula que a medida que aumenta la magnitud y la frecuencia de las vibraciones, y se prolonga el tiempo de exposición, se observarán mayores deformaciones y tensiones en los modelos, lo que indicaría una mayor vulnerabilidad sísmica. Por otro lado, se espera que la aplicación de técnicas de diseño estructural adecuadas permita mitigar los efectos de los sismos, demostrando la importancia de la planificación y construcción segura en áreas propensas a eventos sísmicos.

1.13 METODOLOGÍA

1.13.1 Paradigma.

El paradigma en el cual se basa la metodología de la investigación de este trabajo es el positivismo. En esta investigación, se centrará principalmente en la experimentación de un modelo empírico donde se comprobarán las estructuras directamente en tiempo real. Para ello, se utilizará una metodología que se basa en la experimentación y verificación empírica. Se busca que la validez del conocimiento se fundamente en la evidencia empírica, la observación de los hechos y la experimentación controlada en el contexto de este modelo de mesa vibratoria.

1.13.2 Enfoque.

El enfoque de esta investigación es el enfoque cuantitativo. Como se ha mencionado previamente, este estudio se basa en la comprobación empírica y numérica para proporcionar resultados con márgenes de error que brinden una buena confiabilidad de esta mesa vibratoria. En términos cuantitativos, las variables clave de este objeto de estudio son el tiempo, la frecuencia y la magnitud. Cada una de ellas ha sido mencionada anteriormente junto con sus respectivas fórmulas de verificación matemática. Además, se realizará un análisis estadístico de los datos obtenidos para respaldar aún más la validez de los resultados.

1.13.3 Método.

El método que se utilizará es el método científico, ya que se llevará a cabo un diseño experimental con el objetivo de crear una mesa vibratoria funcional y novedosa. Además, se recopilarán datos para asegurar el buen funcionamiento del mecanismo de la mesa. Se crearán varios prototipos que permitirán analizar los datos y, a su vez, ayudarán a desarrollar el modelo final del objeto de estudio, con bases sólidas para someterla a pruebas en ensayos estructurales arquitectónicos. Por último, se obtendrán conclusiones para generar un resultado final óptimo y altamente confiable.

1.13.4 Población

La población que se va a analizar en este objeto de estudio se clasifica en tres tipos de mesas vibratorias: uniaxial, biaxial y triaxial. Esto depende de los grados de libertad en los cuales la mesa se mueve en los diferentes ejes y a su vez también se quiere que el análisis de estas mesas vibratorias permitirá evaluar su rendimiento y su capacidad para simular los efectos de un sismo en estructuras arquitectónicas. La mesa vibratoria uniaxial es un tipo de mesa que generalmente se mueve en una sola dirección, ya sea hacia arriba y abajo o lateralmente.

En el caso de la mesa vibratoria biaxial, se mueve en dos direcciones diferentes, lo que permite simular movimientos más complejos. Esto implica que puede generar vibraciones tanto en sentido lateral como horizontal, lo cual amplía las posibilidades de análisis y evaluación de estructuras ante diferentes escenarios sísmicos. Por otro lado, la mesa vibratoria triaxial es aún más versátil, ya que tiene la capacidad de moverse en tres direcciones: vertical, horizontal y lateral. Esto significa que puede

simular movimientos sísmicos más realistas y completos, ya que reproduce las tres componentes principales de un terremoto.

1.13.5 Muestra

La principal característica de la mesa vibratoria uniaxial es su capacidad para reproducir movimientos unidireccionales, lo que la hace adecuada para evaluar la respuesta de estructuras ante sismos que generan movimientos predominantemente en una dirección específica. Por ejemplo, puede simular terremotos que causan principalmente vibraciones verticales o movimientos horizontales en una dirección determinada y esto es lo que se busca con la mesa vibratoria.

1.13.6 Tipo de investigación

El tipo es correlacional, por cuanto pretende relacionar las variables. Como se estudió anteriormente en el apartado de variables, con dos fórmulas en este objeto de investigación. La primera es la fórmula de frecuencia: Frecuencia (f) = velocidad de propagación (v) / longitud de onda (λ).

1.13.7 Diseño de investigación

En esta investigación se llevará a cabo un diseño experimental, ya que se pretende observar y analizar el fenómeno que ocurre en la mesa vibratoria. Dado que se trata de una mesa vibratoria uniaxial, se estudiará su comportamiento en relación con las estructuras y la manipulación de las variables. El objetivo principal es observar el fenómeno y comprender cómo influye en la investigación en curso. Se buscará obtener información relevante sobre la interacción entre la mesa vibratoria y las estructuras para lograr avances significativos en la investigación.

1.13.8 Técnicas de recolección de la información

La técnica que se utiliza en esta investigación es la de prueba o test, la cual permite evaluar el elemento hasta asegurar su buen funcionamiento. Por lo tanto, consiste en crear varios prototipos que ayuden a desarrollar esta mesa vibratoria con el fin de alcanzar un resultado óptimo. Mediante la prueba de estos elementos, pueda llevar a cabo una investigación aplicada precisa. El propósito de este test es utilizar cada prototipo como una herramienta para evaluar la capacidad de la mesa, tanto en términos de su mecanismo como de su funcionamiento.

1.13.9 Instrumentos de recolección de la información

El instrumento que se utilizará es una hoja de registro o formulario de evaluación, ya que se busca cuantificar las variables y obtener un registro sistemático que permita observar la evolución de la mesa vibratoria. Esto ayudará a obtener datos más precisos y confiables, así como evaluar la fiabilidad de la mesa y las estructuras sometidas a prueba en ella. El objetivo de utilizar esta hoja de registro es monitorear el progreso de la mesa vibratoria y, a su vez, de las estructuras arquitectónicas.

2. COMPROBACIÓN DEL PRIMER PROTOTIPO Y COMPRENDER SU MECANISMO Y FUNCIONAMIENTO DE MANERA MÁS PRECISA

En primer lugar, es fundamental comprender el propósito de esta investigación. El objetivo es desarrollar una plataforma móvil de uso sencillo y optimizado, una mesa análoga, que además tenga la capacidad de simular sismos a escala. Este aspecto reviste una gran importancia en el ámbito de la arquitectura, específicamente en relación a las estructuras arquitectónicas. Por consiguiente, el enfoque principal de esta investigación radica en la creación de una herramienta analógica con la finalidad de proporcionar una utilidad concreta: la comprensión de cómo un sismo afecta a una estructura.

La mesa que se llevará a cabo, tal como se ha indicado en la introducción de este documento, es uniaxial. Su explicación se presenta a continuación: dado que los sismos se desarrollan en las tres direcciones del plano cartesiano (ejes x, y y z), en este caso se enfoca en el eje x. La mesa no tiene la capacidad de replicar los movimientos en las otras direcciones, de tal manera que la simulación que se logrará se centrará únicamente en el movimiento a lo largo del eje x, es decir, de derecha a izquierda en el plano horizontal. Esto implica que el movimiento en el plano cartesiano es de Este a Oeste.

La mesa propuesta cuenta con unas dimensiones de 100 cm x 70 cm, equivalentes al tamaño de un pliego. Esta elección de medidas se justificó en la adaptación a las tendencias en maquetas dentro del programa de arquitectura de la universidad CESMAG, donde dicho tamaño se considera adecuado.

En cuanto al material seleccionado como base, se ha optado por la madera. Esta elección no solo obedece a razones estéticas, sino también a la notable resistencia que la madera ofrece ante los movimientos sísmicos. Su capacidad para enfrentar este tipo de fuerzas se fundamenta en su alta durabilidad y su habilidad para absorber y disipar la energía generada por tales movimientos.

En cuanto al mecanismo usado en la mesa vibratoria es simple en un extremo izquierdo se sitúa el agitador o la válvula de vibración, el cual alberga en su interior un sistema de potencia. Este sistema recibe los datos de velocidad y está impulsado por un motor que posibilita el desplazamiento del sistema dinámico en una trayectoria lineal. Dicha trayectoria se logra gracias a la contribución de los rodamientos lineales, elementos encargados de efectuar el deslizamiento fluido de la plataforma acrílica y toda esta información se pasará a un software que

recolectara datos y enviará dichos datos mismos para que la mesa pueda programarse y a su vez se lo más escalado posible.

2.1 RECOLECCION DE DATOS

El primer paso en esta investigación consistió en organizar los datos recopilados a lo largo de los últimos diez años. El objetivo principal de esta organización fue determinar la magnitud mínima requerida en la mesa vibratoria uniaxial para la ciudad de San Juan de Pasto. Para lograrlo, se creó el siguiente cuadro, que estructura la información recopilada. Esta tabla será fundamental para orientar más decisiones posteriores en relación con la mesa vibratoria.

Cuadro 1. Recolección de datos de los últimos sismos registrados en San Juan de Pasto.

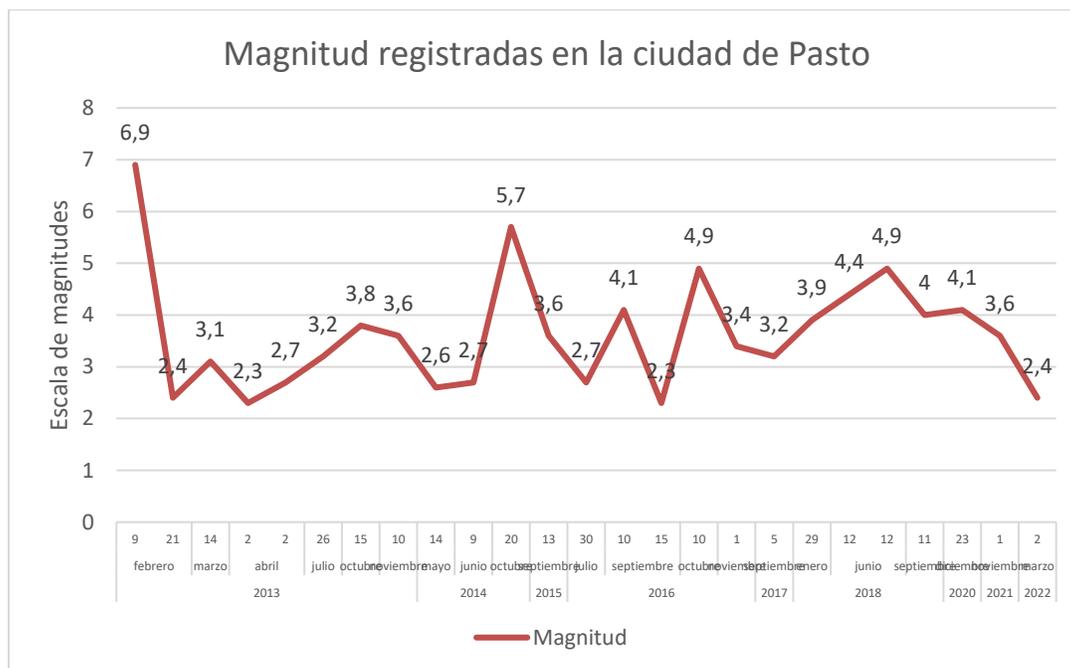
Año	Mes	Día	Magnitud
2013	febrero	9	6,9
		21	2,4
	marzo	14	3,1
	abril	2	2,3
		2	2,7
	julio	26	3,2
	octubre	15	3,8
noviembre	10	3,6	
2014	mayo	14	2,6
	junio	9	2,7
	octubre	20	5,7
2015	septiembre	13	3,6
2016	julio	30	2,7
	septiembre	10	4,1

		15	2,3
	octubre	10	4,9
	noviembre	1	3,4
2017	septiembre	5	3,2
2018	enero	29	3,9
	junio	12	4,4
		12	4,9
	septiembre	11	4
	diciembre	23	4,1
2019	noviembre	1	3,6
2020	marzo	2	2,4

Fuente: Esta investigación. Construcción propia a partir de los anexos de este trabajo. (anexo A y B)

Para facilitar una mejor comprensión de la información recopilada, procede a presentar estos datos en una imagen, que se muestra en la Figura 1. Esto permite visualizar de manera más clara y accesible las magnitudes sísmicas y su relevancia en nuestro análisis.

Figura 1. Organización de los datos obtenidos en el cuadro 1.



Fuente: Esta investigación.

2.1.1 Entender los datos.

Al comprender la importancia de determinar el registro mínimo requerido para la mesa vibratoria y se considera que un sismo de magnitud moderada, primero se analiza las magnitudes de los sismos. Aquí en Pasto, se observa que los sismos con magnitudes menores a 4.0 se consideran poco perceptibles y no causan daño a las estructuras. Para llevar a cabo este análisis, calculando la media de las magnitudes sísmicas en la región. Los datos se organizaron y se presentaron de la siguiente manera, como se muestra en el Cuadro 2:

Cuadro 2. Magnitudes ordenadas.

2,3	02/04/2013
2,3	15/09/2016
2,4	21/02/2013

2,4	02/03/2020
2,6	14/05/2014
2,7	02/04/2013
2,7	09/06/2014
2,7	30/07/2016
3,1	14/04/2013
3,2	26/07/2013
3,2	05/09/2017
3,4	01/11/2016
3,6	10/11/2013
3,6	13/09/2015
3,6	01/11/2019
3,8	15/10/2013
3,9	29/01/2018
4	11/09/2018
4,1	10/09/2016
4,1	23/12/2018
4,4	12/06/2018
4,9	10/10/2016
4,9	12/06/2018
5,7	20/10/2014
6,9	09/02/2013

Fuente: Esta investigación.

Por ende, para entender cuál es la media de San Juan de Pasto se usa la fórmula conocida como la media y su fórmula matemática es la siguiente

Media = $X/\text{número de datos recolectados}$

Donde X es la suma de los datos obtenidos el cual se va dividirlos entre la cantidad de datos obtenidos, ese resultado dará la media de Pasto

Media= $90,5/25$

Media = 3,64

Basando en ese resultado 3,64 como magnitud a partir de la media en la web se encuentra una tabla de intensidades que se muestra en la figura 2.

Cuadro 3. Intensidades típicamente observadas con los temblores de estas magnitudes cerca del epicentro (USGS).

Escala de Intensidad Mercalli	Magnitud
I	1.0 - 3.0
II - III	3.0 - 3.9
IV - V	4.0 - 4.9
VI - VII	5.0 - 5.9
VII - IX	6.0 - 6.9
VIII o más	7.0 o más

Fuente: Escala de Intensidades Modificada de Mercalli (en línea). En: ResearchGate, s.f. (Consulta: 15 de mayo de 2023). Disponible en: <https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/terremotos/magnitud-intensidad-y-aceleracion/>

La tabla vista con anterioridad quiere decir que: en la escala de intensidad Mercalli.

Cuadro 4. Escala de Intensidades Modificada de Mercalli (MMI). Figura tomada de Pin-Molina (2019).

Escala Sísmica Modificada de Mercalli	
I. Imperceptible	Microsismo, detectado por instrumentos
II. Muy Leve	Sentido por algunas personas (generalmente en reposo)
III. Leve	Sentido por algunas personas dentro de edificios
IV. Moderado	Sentido por algunas personas fuera de edificios
V. Poco Fuerte	Sentido por casi todos
VI. Fuerte	Sentido por todos
VII. Muy Fuerte	Las construcciones sufren daño moderado
VIII. Destructivo	Daños considerables en estructuras
IX. Muy Destructivo	Daños graves y pánico general.
X. Desastroso	Destrucción en edificios bien construidos
XI. Muy Desastroso	Casi nada queda en pie
XII. Catastrófico	Destrucción total

Fuente: PIN-MOLINA, Hector González. Escala de Intensidades Modificada de Mercalli (en línea). En: ResearchGate, s.f. (Consulta: 15 may. 2023). Disponible en la dirección electrónica: https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Escala-de-Intensidades-Modificada-de-Mercalli-MMI-Figura-tomada-de_fig1_336409467.

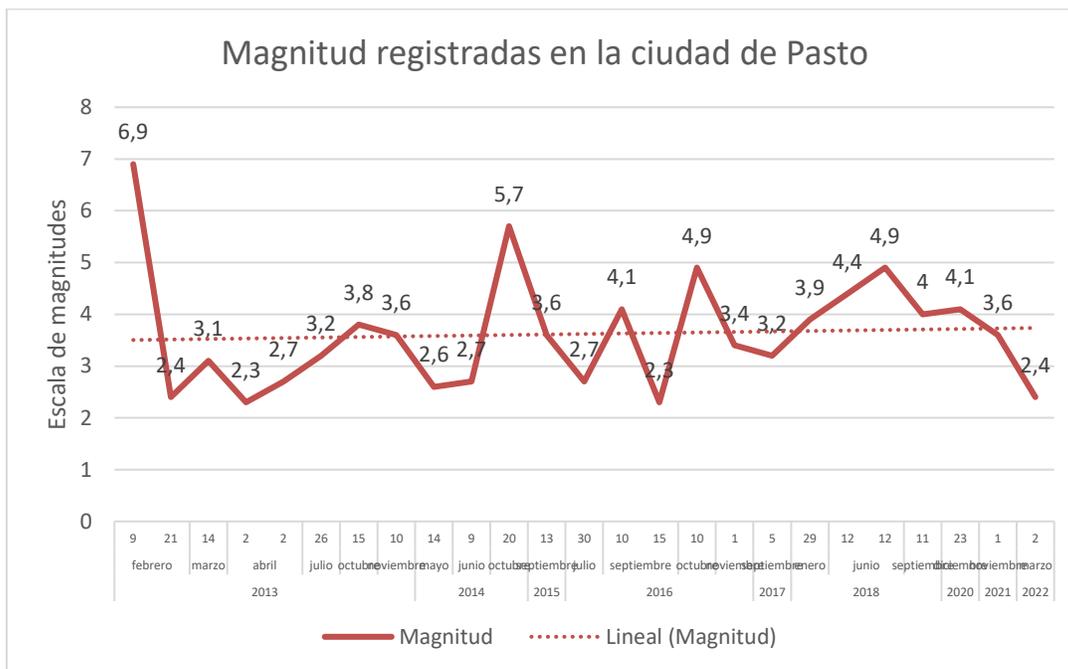
Identificando la media obtenida para los sismos registrados en Pasto, se puede afirmar con confiabilidad que, en esta zona, los sismos con magnitudes en torno a 3,64 se consideran muy leves y leves. Estos sismos suelen ser apenas detectables por las personas y apenas perceptibles en el interior de las edificaciones. Dado que esta magnitud no tendría un impacto significativo en los objetivos de la mesa vibratoria que se está construyendo, considerando buscar eventos sísmicos de mayor intensidad. De esta manera, se garantiza que, al menos, se simulen sismos moderados en la escala sísmica de Mercalli, lo que será más representativo y útil para las pruebas de estructuras.

2.2. TENDENCIA.

La tendencia se refiere al patrón de comportamiento de un elemento dentro de un período de tiempo y, en este caso, como una medida estadística. Para obtener una comprensión más profunda de los sismos en Nariño y determinar si los datos son más favorables para el diseño de la mesa vibratoria, se utiliza la información recopilada en la Figura 1. A partir de esta gráfica, se extrae la tendencia que muestra cómo se comportan los sismos en la región de Pasto, Nariño. Esto proporciona un

mayor conocimiento sobre la actividad sísmica en la zona, información crucial para nuestros objetivos en el desarrollo de la mesa vibratoria.

Figura 2. Magnitudes con línea tendencial.



Fuente: Esta investigación.

Esta figura indica que la tendencia de los sismos en el departamento de Nariño generalmente presenta magnitudes más bajas. Por lo tanto, la gráfica de líneas que se está observando muestra una tendencia a la baja. Sin embargo, es importante señalar que este resultado podría no ser suficiente, ya que las magnitudes son considerablemente más bajas que la media. Por lo tanto, es necesario realizar una lectura de datos en conjunto y considerar otros factores para una evaluación más completa.

2.3 PERCENTIL.

El percentil es una medida estadística que divide los datos en cien partes iguales, con la particularidad de que los datos deben estar organizados de mayor a menor. En el estudio de este caso, utilizar el Cuadro 2, ya presenta las magnitudes organizadas de manera adecuada. Además, la fórmula matemática es la siguiente:

$i=nk$

Nk si es entero = $i+(i+1)/2$

Nk no es entero = el siguiente entero

En el contexto práctico de este estudio, se emplearán dos tipos de percentiles, específicamente, el percentil 40 y el percentil 75. Estos percentiles se representan como "nk" en las fórmulas y cálculos. La elección de estos percentiles es crucial, ya que proporcionarán información significativa para la determinación de la magnitud mínima requerida para la mesa vibratoria en este escenario.

Cuadro 5. Magnitudes ordenadas con sus percentiles.

2,3	PERCENTIL 40= 0,4 $P(0,4)=25*0,4=10$ como el numero es entero $P(0,4)=10(10+1)/2$ $P(0,4)=15,5$
2,3	
2,4	
2,4	
2,6	
2,7	
2,7	
2,7	
3,1	
3,2	
3,2	
3,4	
3,6	
3,6	
3,6	

3,8	
3,9	<p>PERCENTIL 75= 0,75 $P(0,75)=25*0,75=18,75$ como el numero NO es entero $P(0,75)=18,75$ $P(0,75)=19$</p>
4	
4,1	
4,1	
4,4	
4,9	
4,9	
5,7	
6,9	

Fuente: Esta investigación.

Dado los dos resultados obtenidos mediante los cálculos matemáticos en este estudio, se ha determinado que el percentil que resulta más relevante es el percentil 0,75. Este percentil proporciona una magnitud de sismos de 4,1 como resultado. El análisis matemático realizado tiene como objetivo fundamental establecer cuál es la magnitud mínima requerida para la mesa vibratoria en este contexto específico.

2.4 MAGNITUD MÍNIMA REGISTRADA.

A partir del análisis matemático realizado anteriormente, se puede afirmar que la magnitud mínima que debe tener la mesa vibratoria es de 4,1. Esta magnitud fue registrada en Pasto, Nariño, el 10 de septiembre de 2016 y el 23 de diciembre de 2018. Aunque en la escala de intensidades de Mercalli se clasifica como una magnitud moderada, es crucial destacar que incluso una magnitud moderada puede causar daño estructural significativo. Por lo tanto, esta magnitud se considera como la mínima que la mesa debe ser capaz de simular para proporcionar resultados representativos en las pruebas de estructuras.

2.5. MAGNITUD MÁXIMA REGISTRADA.

En el contexto de mi investigación, es importante destacar que el terremoto más fuerte registrado en Nariño tuvo una magnitud de 6,9 y ocurrió el 9 de febrero de 2013. Esta magnitud lo clasifica como un terremoto muy destructivo en la escala de intensidades de Mercalli, lo que indica daños estructurales graves. Sin embargo, en el ámbito global, el terremoto más poderoso registrado hasta la fecha fue de magnitud 9,5 y ocurrió en Chile en 1960, siendo catalogado como un evento con daños catastróficos.

2.6. ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO DE COMPONENTES NO FINITOS.

El análisis sísmico estático y el análisis sísmico dinámico son las dos metodologías principales utilizadas en el análisis sísmico de estructuras. A diferencia del análisis dinámico, que tiene en cuenta la aceleración y la respuesta de la estructura a lo largo del tiempo, el análisis estático se basa en considerar una serie de fuerzas equivalentes estáticas. Estas fuerzas, también conocidas como fuerzas laterales, se aplican en el centro de masas de cada nivel de la edificación. El propósito de estas fuerzas es calcular los desplazamientos laterales de las edificaciones como resultado del efecto sísmico acumulado.

En lugar de considerar las fuerzas y movimientos sísmicos en función del tiempo, como se hace un análisis sísmico dinámico, se simplifica la estructura y se asume que se comporta como un sistema estático ante estas fuerzas. Este enfoque ayuda en la etapa inicial del diseño o cuando se necesita una evaluación rápida y segura de la capacidad de la estructura ante un sismo.

Sin embargo, se debe recordar que esta aproximación no tiene en cuenta completamente cómo se mueve la estructura durante un terremoto y puede ser más conservadora de lo necesario. Por eso, es una opción útil para evaluaciones rápidas, pero para un análisis más detallado, considerar también la dinámica completa de la estructura. Es como tener una vista panorámica de la respuesta de la estructura ante un terremoto, aunque a veces se pierde algunos detalles importantes.

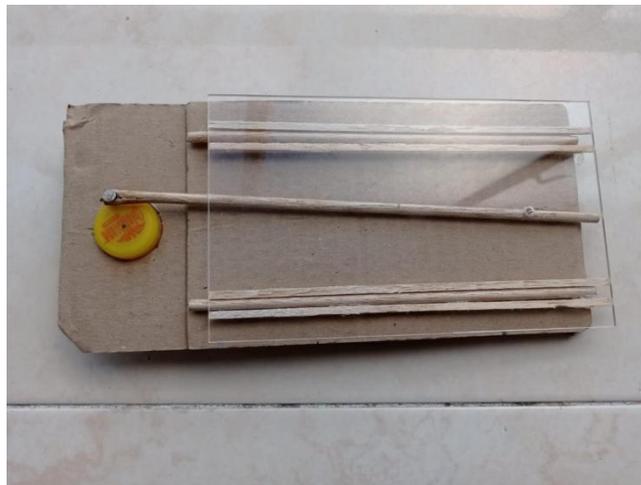
En esta investigación, se emplea el término "componentes no finitos" para referirse a elementos que son comúnmente conocidos como maquetas estructurales en el ámbito del programa de arquitectura. Estas maquetas permiten a los estudiantes de arquitectura experimentar de manera empírica y comprender a profundidad las

estructuras. Los "elementos no finitos" son aquellos componentes que están cortados y carecen de continuidad, como el balsa y los palillos utilizados en estas maquetas. Estos elementos se convierten en una herramienta invaluable para la exploración y el aprendizaje de las estructuras arquitectónicas.

2.6.1 entendimiento del mecanismo.

Para iniciar esta investigación, el primer paso fue la construcción de una mesa a escala 1/5, diseñada para comprender su funcionamiento. Se utilizó una variedad de materiales de fácil acceso, como cartón, acrílico, balsa y tapas de gaseosa. El objetivo principal fue descomponer y estudiar cada una de las partes del mecanismo. A continuación, se presenta el primer avance realizado en la mesa vibratoria a escala 1/5.

Figura 3. Mecanismo de funcionamiento primer prototipo escala 1/5.



Fuente: Esta investigación.

Las partes que tiene este mecanismo son las siguientes:

2.6.1.1 Plataforma.

En esta etapa inicial, la plataforma, representada con acrílico, se convierte en el lugar donde se ubicarán los elementos estructurales, conocidos como componentes no finitos. Esta plataforma servirá para el análisis de movimientos estáticos, ya que permanecerá inmóvil, mientras que el elemento en movimiento será el eje.

2.6.1.2 Rieles.

En este prototipo, los rieles se asemejan al balso y tienen la función de limitar el movimiento de la mesa a una única dirección. Esta restricción asegura que la mesa siga un movimiento uniaxial controlado y evita cualquier desviación en su trayectoria. De esta manera, se garantiza que la mesa se mueva únicamente en la dirección deseada.

2.6.1.3 Eje.

El eje desempeña un papel crucial al establecer la conexión entre la plataforma y el motor. Su función principal radica en transmitir la energía generada por el motor a través del eje, lo que permite el movimiento integral de todo el mecanismo de la plataforma. Cabe destacar que el eje presenta una particularidad que merece atención durante el curso de esta investigación: en la actualidad, se encuentra en un punto muerto que se debe mejorar a lo largo de la investigación.

2.6.1.4 Motor.

En la imagen proporcionada, el motor se asemeja a las tapas, y actualmente investigando qué elemento mecánico podría facilitar el giro necesario. Sin embargo, es fundamental comprender que, en un evento sísmico, el motor representa la energía liberada. Esta energía posee dos aspectos cruciales: la velocidad y la amplitud. La relación entre el motor y la mesa vibratoria se relaciona con la amplitud del círculo.

3. CONSTRUCCIÓN DEL PRIMER PROTOTIPO PARA OBTENER INFORMACIÓN Y EXPERIENCIA PRÁCTICA SOBRE EL MECANISMO Y FUNCIONAMIENTO DE LA MESA VIBRATORIA

Para avanzar en esta investigación, se inicia el proceso de fabricación de la primera parte de la mesa, considerando cuidadosamente los materiales y la construcción de la plataforma con su soporte. El objetivo es que la investigación continúe progresando y se materialice en lo que se busca lograr. Por esta razón, el primer aspecto que se considerará detenidamente son los materiales.

3.1. MATERIALES

El primer prototipo que se construyó se contempló con las siguientes investigaciones.

3.1.1 Madera.

Al comprender la importancia de determinar el registro mínimo requerido para la mesa vibratoria y considerando que se desea sismos de magnitud moderada, primero analizamos las magnitudes de los sismos. Aquí en Pasto, como se había mencionado en el capítulo anterior, se observa que los sismos con magnitudes menores a 4.0 se consideran poco perceptibles y no causan daño a las estructuras. Para llevar a cabo este análisis, se calcula la media de las magnitudes sísmicas en la región véase el cuadro 2.

3.1.2 Tornillos.

El tornillo para madera es una pieza de metal. La punta del tornillo está diseñada para penetrar fácilmente en la madera, mientras que las estrías en el cuerpo permiten que se ajuste firmemente a medida que se gira, véase en la figura 4.

Figura 4. Tornillos de amarre para madera.



Fuente: Tornillo para madera auto perforante (en línea). En: Dawerk, (s.f.) (Consulta: 29, mayo, 2023). Disponible en la dirección electrónica: https://www.dawerk.com/MLA-1145748177-tornillo-para-madera-auto-perforante-6x1-negro-x-2000-uni-_JM3.

3.1.3 Tuercas.

Una tuerca es un componente mecánico en forma de anillo o cilindro perforado por la mitad, cuya superficie interior tiene una rosca correspondiente a la de un tornillo, véase en la figura 5.

Figura 5. Tuerca de amarre para el tornillo.



Fuente: MEDELLÍN. TorniRap S.A.S. Variedades de tuercas para su negocio y sus proyectos (en línea). En: TorniRap, (s.f.) (Consulta: 24, abril, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.tornirap.com.co/productos/tuercas/tuerca-de-seguridad>.

3.1.4 Arandelas.

Es una herramienta metálica con un orificio central diseñado para ajustar tornillos en madera y tuercas al aplicar presión y girar, véase en la figura 6.

Figura 6. Arandelas para fijar.



Fuente: 3DBOTS. Arandela M10 (Producto en línea). 3DBOTS, (s.f.) (Consulta: 24, abril, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://3dbots.co/producto/arandela-m10-arandelas-10mm/>.

3.1.5 Chamuyeras.

En la mesa, se emplean las chamuyeras para deslizar la barra de aluminio y convertirla en un eje, simulando la función de rieles, véase en la figura 7.

Figura 7. Chamuyeras de agarre.



Fuente: ALIBABA (Sitio web de comercio electrónico). (s.f.). Consultado el 24 de abril de 2024. Disponible en la dirección electrónica: https://spanish.alibaba.com/pdetail/asahi1623329058.html?spm=a2700.details.you_may_like.21.42371730ILA0Xk. [En línea]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com>.

3.1.6 Barras de aluminio.

Las barras de aluminio simularon los ejes sobre los cuales se apoyaron las chamuyeras, véase en la figura 8.

Figura 8. Barra para fijar la chamuyera.



Fuente: GNEE (Marinesteels). Barras huecas de acero inoxidable 409 (Producto en línea). (s.f.). Consultado el 24 de abril de 2024. Disponible en la dirección electrónica: <https://www.marinesteels.com/stainless-steel/409-stainless-steel-hollow-bars-for.html>.

3.1.7 Conformación del primer modelo de trabajo.

Esta es la primera aproximación de la mesa y como quería su funcionamiento Véase en la figura 9.

Figura 9. Primer prototipo de la mesa.



Fuente: Esta investigación.

3.2 PRIMERAS PRUEBAS

Por otra parte, para permitir el desplazamiento, se implementó una plataforma en MDF que simula el suelo. Esta plataforma está conectada a rodamientos lineales que facilitan un movimiento rápido con baja fricción. Estos rodamientos están fijados a la estructura principal y se desplazan a lo largo de un eje lineal sobre un subsuelo o base primaria de madera.

Se diseñó una maqueta de un edificio de 9 pisos a escala utilizando palos de balsa como elementos no finitos explicados en el capítulo 1. Esta maqueta fue anclada a la plataforma superior para aplicar los movimientos simulados del sismo, permitiendo así observar la deformación y el alcance de la destrucción que se produciría en un evento sísmico. También se evaluó la capacidad de los soportes y se obtuvieron resultados que varían según el diseño, la construcción y los materiales utilizados.

Para mejor visibilidad del primer modelo de mesa vibratoria que se hizo se elaboró un video el cual se subió al siguiente enlace:

Figura 10. Qr de primer prototipo.



Fuente: Esta investigación.

En el siguiente video se mira su principal funcionamiento en el cual encontramos una serie de pros y contras los cuales son:

3.2.1 Contras:

- La mesa vibratoria es muy rústica.
- El mecanismo le faltan rodamientos para que sea más fluido el movimiento.
- La plataforma se está pandeando.
- Las varillas que se usaron como rieles se están pandeando.
- El eje de amplitud debe ser más estático.

3.2.2 Pros:

- Se entiende de manera más correcta el mecanismo.
- Ya se sabe cuál es la amplitud y energía suficiente para que un sismo sea de una magnitud de 4,1 como mínimo.

3.3 MEJORAMIENTO DEL MODELO

En esta imagen se ve como se construye el mejoramiento de la mesa vibratoria, véase en la figura 11.

Figura 11. Mesa de soporte colocando los rieles.



Fuente: Esta investigación.

En este caso, la primera acción que es llevada a cabo implicó el desmonte de la mesa, eliminando las partes que obstaculizaban su movimiento fluido. Como resultado, en la imagen se puede apreciar la ubicación de los nuevos materiales, los cuales serán presentados a continuación.

Materiales.

El mejoramiento del modelo que se está construyendo se contemplan con los siguientes materiales

3.3.1 Madera.

Al comprender la importancia de determinar el registro mínimo requerido para la mesa vibratoria y considerando que se desea sismos de magnitud moderada, primero se analizó las magnitudes de los sismos. Aquí en Pasto, se observa que los sismos con magnitudes menores a 4.0 se consideran poco perceptibles y no causan daño a las estructuras. Para llevar a cabo este análisis, se calculó la media de las magnitudes sísmicas en la región. Los datos se organizaron y se presentaron de la siguiente manera, como se muestra en el Cuadro 2

3.3.2 Tornillos.

El tornillo para madera es una pieza de metal. La punta del tornillo está diseñada para penetrar fácilmente en la madera, mientras que las estrías en el cuerpo permiten que se ajuste firmemente a medida que se gira, véase en la figura 12.

Figura 12. Tornillos de amarre para madera.



Fuente: Tornillo para madera autoperforante (en línea). En: Dawerk, (s.f.) (Consulta: 29, mayo, 2023). Disponible en la dirección electrónica:https://www.dawerk.com/MLA-1145748177-tornillo-para-maderaautoperforante-6x1-negro-x-2000-uni-_JM3.

3.3.3 Tuercas.

Una tuerca es un componente mecánico en forma de anillo o cilindro perforado por la mitad, cuya superficie interior tiene una rosca correspondiente a la de un tornillo, véase en la figura 13.

Figura 13. Tuerca de amarre para el tornillo.



Fuente: MEDELLÍN. TorniRap S.A.S. Variedades de tuercas para su negocio y sus proyectos (en línea). En: TorniRap, (s.f.) (Consulta: 24, abril, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.tornirap.com.co/productos/tuercas/tuerca-de-seguridad>.

3.3.4 Arandelas.

Es una herramienta metálica con un orificio central diseñado para ajustar tornillos en madera y tuercas al aplicar presión y girar, véase en la figura 14.

Figura 14. Arandelas para fijar.



Fuente: 3DBOTS. Arandela M10 (Producto en línea). 3DBOTS, (s.f.) (Consulta: 24, abril, 2024). Disponible en la dirección electrónica: <https://3dbots.co/producto/arandela-m10-arandelas-10mm/>.

3.1.5 Engranaje.

Son engranajes de madera para hacer pruebas véase en la figura 15.

Figura 15. Engranajes en madera de prueba.



Fuente: Esta investigación.

3.1.6 Barras de aluminio.

Sirven para que sean sujetadores lineales de una mesa móvil, véase en la figura 16.

Figura 16. Barra para fijar los engranajes.



Fuente: GNEE (Marinesteels). Barras huecas de acero inoxidable 409 (Producto en línea). (s.f.). Consultado el 24 de abril de 2024. Disponible en la dirección electrónica: <https://www.marinesteels.com/stainless-steel/409-stainless-steel-hollow-bars-for.html>.

3.1.7 Rieles.

Estos sirven para simular el movimiento sísmico, véase en la figura 17.

Figura 17. Rieles metálicos para la oscilación.



Fuente: Esta investigación.

3.1.8 Balineras.

Nos ayuda a que el movimiento sea mas fluido véase en la figura 18.

Figura 18. Balineras para los engranajes.



Fuente: Esta investigación.

3.4 SISTEMA DE ENGRANAJES

En esta investigación aplicada, se observó que la mesa presentaba niveles de ruido significativos y un movimiento brusco que obstaculizaba su fluidez. Como resultado, se llevó a cabo una indagación para abordar estos problemas y mejorar el desempeño de la mesa vibratoria.

Tras un análisis, se concluyó que los engranajes representan un método eficaz para lograr diferentes amplitudes y velocidades al utilizar un solo motor. Los engranajes se emplean como mecanismos de transmisión de movimiento y potencia entre ejes giratorios, siendo esencialmente ruedas dentadas que encajan entre sí. Estas ruedas dentadas pueden diseñarse o seleccionarse según las necesidades específicas, lo que permite variar su tamaño para lograr los resultados mencionados anteriormente.

Sus funcionamientos son los siguientes en la mesa vibratoria:

- Cambiar la velocidad.
- Multiplicar fuerza.
- Sincronización precisa.
- Reducción de ruido.

Surge una pregunta fundamental: ¿Para qué se utiliza el sistema de engranajes en la mesa vibratoria? Este sistema de engranajes tiene el propósito de mejorar el funcionamiento de la mesa vibratoria, evitando la necesidad de recurrir a sistemas más sofisticados y costosos, como un agitador orbital. Los engranajes desempeñan la función de generar movimientos rotativos en el eje de la mesa, con la ventaja de que se puede modificar su velocidad.

Los engranajes permiten reducir la complejidad de este mecanismo y ofrecen la posibilidad de variar las amplitudes y velocidades de manera controlada. Además, si se dañan, su reemplazo no resulta costoso.

Sin embargo, se debe considerar una limitación: el eje principal debe ser más resistente, ya que si un engranaje que conecta a los demás se daña, los demás dejan de funcionar, a menos que se implementen mecanismos alternativos, aspecto que aún no ha sido explorado en profundidad en el estudio de los engranajes.

Por lo tanto, en esta mesa vibratoria se han optado por crear diferentes tipos de engranajes que proporcionen amplitudes variadas. Inicialmente se han colocado cuatro tipos de amplitudes, aunque es posible aumentar esta cantidad según la amplitud máxima permitida por los rieles, que es de 35 cm como máximo.

3.5 CONSTRUCCIÓN DEL PRIMER MODELO CON SUS MEJORAS

En esta investigación aplicada, se observó que la mesa presentaba niveles de ruido significativos y un movimiento brusco que obstaculizaba su fluidez. Como resultado, se llevó a cabo una indagación para abordar estos problemas y mejorar el desempeño de la mesa vibratoria.

5.3.1 Primer paso:

Se observó que la mesa carecía de rodamientos adecuados para su movimiento, lo que llevó a la decisión de instalar rieles con el fin de lograr un movimiento más fluido y menos caótico. La instalación de estos rieles permite que la mesa oscile en una dirección específica, como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Instalación de los rieles sobre la base.



Fuente: Esta investigación.

Además, se optó por colocar maderas en los extremos, sobre los rieles y pegadas a la mesa, con el propósito de permitir que el riel no estuviera tan cerca de la plataforma. Esto posibilita que el eje central, que se encuentra debajo de la plataforma, pueda moverse libremente y, por ende, proporciona la amplitud deseada.

3.5.2 Segundo Paso:

Una de las deficiencias detectadas en la primera mesa fue el pandeo de la plataforma. Para solucionar este problema, se agregó un marco en los extremos más largos, lo que proporcionó mayor estabilidad a la madera y evitó el pandeo. Además, se empleó madera para ocultar el mecanismo de los rieles, que queda oculto bajo el marco proporcionado por las maderas agregadas. Esta solución se muestra en la figura 20.

Figura 20. Instalación del marco de la plataforma.



Fuente: Esta investigación.

3.5.3 Tercer paso:

Sobre la misma plataforma se colocaron los otros extremos de los rieles los cuales permiten el movimiento fluido de la mesa tal como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Instalación sobre la plataforma la otra parte del riel.



Fuente: Esta investigación.

Además de esta plataforma, otro de los aciertos en el primer prototipo fueron los agujeros dispuestos sobre ella, los cuales resultan muy útiles para ajustar la mesa según las preferencias y necesidades individuales.

3.5.4 Cuarto paso:

Posteriormente, se mejoró el mecanismo de simulación del sismo, tal como se muestra en la figura 21.

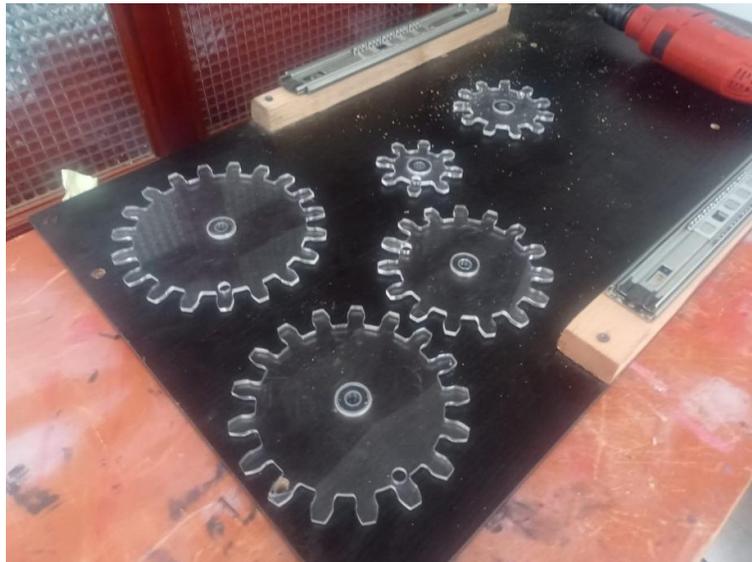
Figura 22. Vuela de mecanismo.



Fuente: Esta investigación.

La diferencia clave entre este eje y el anterior radica en la inclusión de un rodamiento en la parte donde se conecta con la mesa, lo que mejora el movimiento rotativo. Sin embargo, en esta etapa de la investigación, se está considerando reemplazarlo por un sistema de engranajes. Aunque ya se han creado los engranajes, aún no se han instalado en la mesa, ya que se deben realizar pruebas para determinar si esta es la opción más adecuada. Los engranajes se pueden observar en la figura 22.

Figura 23. Mecanismo de engranajes.



Fuente: Esta investigación.

3.5.5 Quinto paso

Por último, lo que se hizo fue ensamblar las partes y hacer pruebas con la maqueta mostrada en la figura 24.

Figura 24. Maquetas que se deben utilizar.



Fuente: Esta investigación.

Con esta maqueta, se está dando comienzo a las pruebas con las maquetas de los estudiantes y las maquetas personales, con el fin de evaluar los resultados y continuar perfeccionando la mesa vibratoria en beneficio de los estudiantes de arquitectura de la Universidad CESMAG.

3.6 AVANCE PARCIAL DEL MODELO DE MESA VIBRATORIA

En la figura 25 se observa cómo va el avance parcial de la mesa con la estructura que se hicieron las pruebas.

Figura 25. Mesa vibratoria del primer objetivo.



Fuente: Esta investigación.

3.7 MEJORAMIENTO DEL PRIMER PROTOTIPO

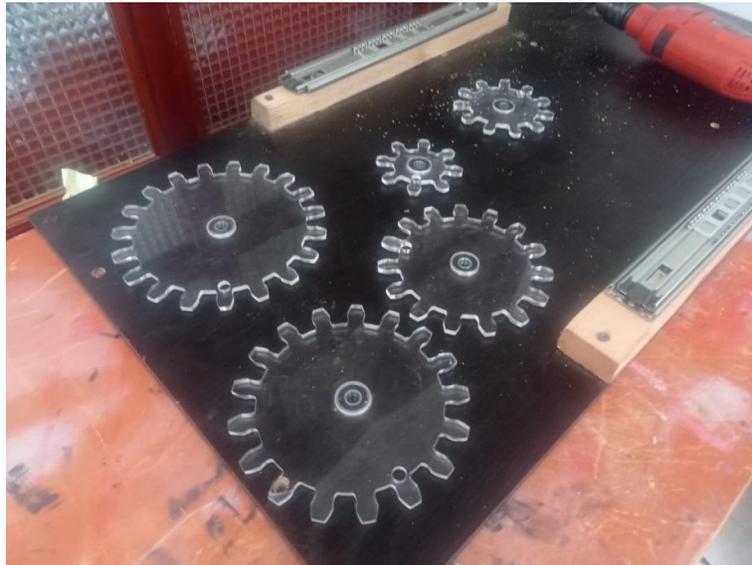
Para avanzar en esta investigación, se dio continuación a el proceso de mejoramiento de la mesa vibratoria, trabajando en su etapa final. El objetivo es que la mesa esté completamente consolidada y lista para ser utilizada por todos los estudiantes de arquitectura. Sin embargo, antes de su implementación, es crucial consolidar la mesa para su uso en las primeras fases. En este capítulo, enfocaremos en desarrollar y fortalecer el mecanismo de la mesa.

3.7.1 Engranajes.

En esta mesa vibratoria, los engranajes tienen la capacidad de configurar sus amplitudes y cambiar su velocidad según el tamaño del engranaje y el tipo de movimiento requerido.

En este momento, contamos con este conjunto que se muestra en la siguiente figura, con el propósito de disponer los engranajes de manera que se unan de manera efectiva.

Figura 26. Engranajes desordenados.



Fuente: Esta investigación.

En este momento, es necesario proceder a la instalación de los engranajes de manera que se configuren de manera efectiva y logren una sincronización precisa. Esto asegurará un movimiento oscilatorio suave y coordinado.

Para la creación de los engranajes, se recurre a una página web⁴ con el objetivo de lograr mayor precisión según las necesidades. La configuración y organización de los engranajes dependen en gran medida de la plataforma y el eje en el cual oscilan. Es crucial tener en cuenta la distancia entre los rieles para determinar el movimiento exacto y establecer el tope máximo al cual puede oscilar cada engranaje, de acuerdo con los requisitos específicos de la plataforma y de la mesa en la cual se trabaja.

Figura 27. Engranajes ordenados.



Fuente: Esta investigación.

En la imagen anterior, se aprecia la instalación de los engranajes de modo que ya están empotrados sobre la base de la mesa, donde se encuentra el mecanismo completo. Sin embargo, para activar este engranaje y permitir que el movimiento sea realizado por cualquier persona, será necesario crear otra serie de engranajes. Esta nueva parte consistirá en una manivela.

3.7.2 Manivela.

En esta ocasión, la manivela se emplea para generar el movimiento mecánico de los engranajes con el objetivo de lograr el movimiento oscilatorio del mecanismo. La manivela se diseñó de manera similar a los engranajes, pero en otro sentido, para proporcionar la aceleración y velocidad necesarias. Consiste en un engranaje, un rodamiento, un eje sólido y una palanca que permite el movimiento manual en este momento.

Figura 28. Manivela de acción.



Fuente: Esta investigación.

Esta manivela es fundamental para iniciar el movimiento y cumple la función principal de activar la mesa. Actualmente, la mesa opera de manera manual, pero esta acción se convertirá en automática con la instalación de un motor, ajustándose a las necesidades específicas de la investigación.

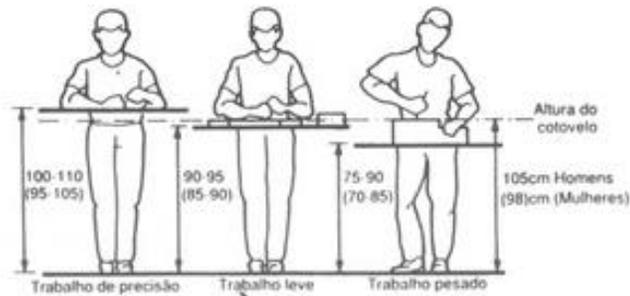
3.7.3 Estructura de la mesa.

Para abordar este aspecto, es esencial señalar que esta mesa fue concebida desde el principio para que los estudiantes de arquitectura la utilicen de pie en lugar de sentados. Por esta razón, se han buscado medidas estándar para determinar la altura deseada de la mesa.

La altura alcanzada en esta mesa es de 1.10 metros. Esta medida se considera idónea para llevar a cabo trabajos precisos, especialmente en la realización de maquetas y simulación de sismos, donde la cercanía a la realidad es crucial.

A la altura que se llegó para esta mesa es de trabajo preciso como lo señala esta web⁵ es por eso que recurrimos a la siguiente imagen para saber como son las medidas estándares para este tipo de trabajos que se realizar en la facultad, además que el tamaño sea adecuado tanto para estudiantes como para profesores.

Figura 28. Medidas estándares de alturas de mesas.



Fuente: FOROS DE ELECTRÓNICA. Altura de mesa de trabajo (Hilo de discusión en línea). (s.f.). Consultado el 24 de abril de 2024. Disponible en la dirección electrónica: <https://www.forosdeelectronica.com/threads/altura-de-mesa-de-trabajo.176632/>. También disponible en: <https://www.forosdeelectronica.com>.

3.7.4 Despiece de la madera.

En esta fase, procederemos a extraer los moldes y fabricar las piezas necesarias para consolidar la mesa. La madera seleccionada para este propósito es pino, elegida por su resistencia ante movimientos constantes. La madera se encuentra lista para ser trabajada, garantizando su óptima calidad para integrarla en una estructura robusta y duradera a lo largo del tiempo.

Figura 30. Estructura para la mesa.



Fuente: Esta investigación.

En la imagen anterior, se observa el progreso gradual en la construcción de la mesa. A continuación, se continuó extrayendo partes para formar los marcos estructurales y el soporte de la mesa, revelando cómo tomaba forma durante el proceso de construcción. Es relevante destacar que se emplearon herramientas de carpintería, y en algunos puntos, se realizaron cortes milimétricos para facilitar la instalación precisa de la estructura de la mesa.

En la siguiente imagen, se presenta el proceso de instalación de las piezas para que se unan con la base. Actualmente, se están creando secciones que luego se instalarán en conjunto para completar la estructura.

Figura 31. Instalación de las piezas.



Fuente: Esta investigación.

Es esencial aclarar que la construcción de esta mesa se realiza de manera gradual, prestando especial atención a los fallos y errores que puedan surgir. Este enfoque permite identificar áreas de mejora y determinar qué aspectos son beneficiosos y cuáles no. Además, es importante destacar que el método científico acoge este tipo de errores, convirtiéndolos en oportunidades para adquirir nuevos conocimientos en cada fase del proceso.

3.7.5 CURAR LA BASE

Después de un tiempo, se observó que la base de la mesa, donde funciona el mecanismo, se vio afectada por algunos agujeros debido a cortes imprecisos. Para abordar este problema, se optó por realizar un curado en la base con el objetivo de cerrar los agujeros y permitir trabajar sobre una nueva superficie. Este proceso se llevó a cabo utilizando madera de pino y una mezcla de polvo de madera con colbon para formar una pasta que parezca pegamento que mejorara la integridad de la base propuesta.

Figura 32. Curado de la base que se propone.



Fuente: Esta investigación.

En la imagen se muestra el curado que se le hizo a la mesa y como poco a poco se fue cambiando esto se hizo para colocar los nuevos engranajes y a su vez para que no pierda la resistencia que esta tiene.

3.7.6 Consolidación de las partes.

La mesa al unir todas las partes hasta el momento va de esta manera la cual fue unir toda la investigación que hasta el momento llevamos

Figura 33. Mesa consolidada.



Fuente: Esta investigación.

Es esencial comprender que, para los engranajes, es necesario utilizar tuercas de seguridad en los tornillos que se unen con las valineras y se empotran en la base de la mesa. Esto se hace con la intención de evitar que las tuercas se salgan en caso de movimientos bruscos. Además, para brindar mayor protección, se colocan arandelas por debajo de la tuerca. Esta medida contribuye a asegurar la estabilidad y funcionamiento óptimo de los engranajes durante el uso.

Figura 34. Tuercas de seguridad.



Fuente: TORNIRAP SAS. Variedad de tuercas para su negocio y sus proyectos (Imagen en línea). Medellín: (s.f.). Consultado el 24 de abril de 2024. Disponible en la dirección electrónica: <https://www.tornirap.com.co/images/productos/TUERCA-SEGURIDAD.jpg>

La descripción de las tuercas de seguridad que muestras en la imagen indica claramente su función y diseño. Estas tuercas, con el gancho que presiona el tornillo, son elementos valiosos en tu investigación. Dada la naturaleza del movimiento significativo que provoca la mesa, estas tuercas aseguran que, a pesar de tales movimientos, la presión ejercida por el gancho evita que el caucho se salga. Esto garantiza un funcionamiento más estable y seguro de la mesa vibratoria con los engranajes.

4. GENERACIÓN DE UN SEGUNDO PROTOTIPO DE COMPROBACIÓN CON LAS CORRECCIONES PERTINENTES, BASADAS EN EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PRIMER PROTOTIPO

Este objetivo busca que la mesa se convierta gradualmente en un mueble funcional, empleando todos los conocimientos previamente adquiridos y el resultado de estos, así como comprender el dibujo mecánico para la presentación de planos sobre la misma y, a su vez, comenzar a comprender el modelamiento en 3D con un software.

4.1 NUEVO MECANISMO

Tras analizar todos los mecanismos y prototipos previamente desarrollados para la mesa, se llegó a la conclusión de que sería más beneficioso no optar por un enfoque completamente manual, sino más bien implementar un sistema motorizado. Esto permitiría un movimiento más fluido y constante. Además, se decidió modificar el sistema de rieles para garantizar un desplazamiento más suave. Estos cambios significativos se orientan hacia la mejora tanto del mecanismo de movimiento como sistema de vibración. Por lo tanto, el primer cambio realizado fue el análisis de nuevos rieles.

4.1.1 Mecanismo de rieles

El nuevo mecanismo de rieles utilizado para la construcción de la mesa se conoce como rieles lineales. Este sistema de rieles permite que el movimiento de la mesa sea mucho más fluido y silencioso, gracias a su sistema de balines internos. Se adquirieron rieles ya fabricados que constan de dos partes fundamentales:

La primera parte es el eje, también conocido como el riel lineal, que presenta una forma redondeada en la parte superior. La segunda pieza son los bloques deslizantes en forma de cubos, que contienen los balines principales de forma interna. Para una mejor comprensión, véase la siguiente imagen.

Figura 35. Rieles lineales.



Fuente: Amazon. Rieles lineales SBR12 de 19.685 in con 4 bloques deslizantes SBR12UU, kit de rieles CNC (SBR12-500) (Producto en línea). (s.f.). Consultado el 24 de abril de 2024. Disponible en la dirección electrónica:: <https://www.amazon.com/-/es/lineales-deslizantes-rodamientosautomatizadosSBR12-300/dp/B08B3VDLTK?th=1>.

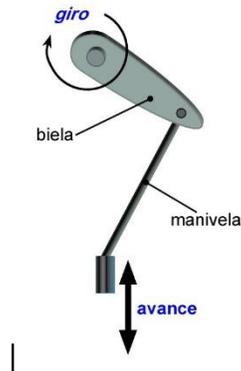
4.1.2 Mecanismo de biela manivela

El mecanismo de biela-manivela consta de dos partes principales. La biela es un elemento que permanece constante y normalmente estático, girando en torno a un eje, pero manteniéndose inmóvil sobre su giro. Por otro lado, la manivela en la mesa es la que proporciona el movimiento de amplitud. En este nuevo mecanismo, se ha fijado la longitud de la manivela en 15 cm de manera constante, dado que en los prototipos anteriores se observó que esta amplitud es suficiente para alcanzar el desplazamiento mínimo deseado, como se mencionó anteriormente.

Este mecanismo que se realizó es para que cualquier persona con los planos que después se mostraran en el trabajo de grado lo pueda realizar y este se puedan cambiar

Se ha llegado a que este mecanismo es el más adecuado, ya que puede ser motorizado utilizando motores prefabricados y un diseño de biela-manivela adaptable para la mesa, lo que permitiría reducir los costos y hacerlo accesible para cualquier persona. Para comprender mejor este sistema, véase la figura 35.

Figura 36. Biela-manivela.



Fuente: Recursos edu xunta gal. Biela-manivela (Recurso educativo en línea). (s.f.). Consultado el 24 de abril de 2024. Disponible en la dirección electrónica: https://recursos.edu.xunta.gal/sites/default/files/recurso/1464947673/53_bielamanivela.html.

4.2 DISEÑO DE LA MESA SOBRE UN SOFTWARE

En este punto, se utiliza un software para crear las piezas necesarias y construir la mesa vibratoria tanto de manera virtual como manual. El objetivo es consolidar el mueble y elaborar los despieces de todas sus partes, lo que nos permite avanzar en el nuevo diseño y alcanzar el diseño final de la mesa. Además, se busca adaptar el modelo a las especificaciones del programa de arquitectura.

Es importante destacar que en el diseño de la mesa vibratoria se busca una consolidación tanto en la representación visual como en el modelado, así como en los planos que se presentarán al final de este trabajo de grado. El objetivo es utilizar los softwares aprendidos para realizar los despieces y comprender el dibujo mecánico del mueble que se está diseñando.

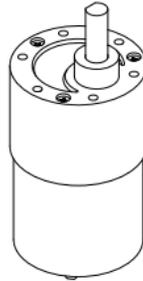
Con este nuevo diseño de la mesa, el software nos permite realizar los despieces y entender cómo se comporta la mesa con el mecanismo mencionado anteriormente por ende utilizando el software y siguiendo con como se desarrollo el mecanismo para la mesa por ende se empieza con las partes

4.3 MECANISMO BIELA-MANIVELA

Como se mencionó anteriormente, iniciamos con la selección de las piezas y componentes necesarios para el mecanismo que será utilizado en la mesa. Entre

las piezas que serán fabricadas y otras que serán prefabricadas, se incluyen las siguientes:

Figura 37. Motor.



Fuente: Esta investigación.

El motor se está utilizando es un motor de 80 RPM, seleccionado por su capacidad para proporcionar la fuerza y velocidad necesarias para el funcionamiento de la mesa. Es importante destacar que este motor ofrece la ventaja de ser graduable, lo que nos permite ajustar la velocidad según los requerimientos específicos del proyecto.

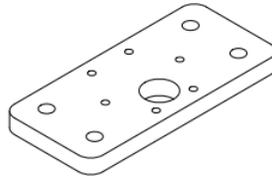
Figura 38. Soporte del motor.



Fuente: Esta investigación.

Este soporte es una pieza diseñada para ajustar el motor con la mesa que se menciona al final del capítulo dos (véase la figura 32),

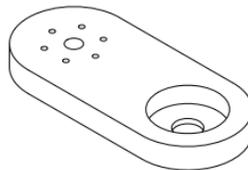
Figura 39. Anclaje del motor.



Fuente: Esta investigación.

Este anclaje es una pieza diseñada para ajustar y fijar el motor con la mesa que se menciona al final del capítulo dos (véase la figura 32),

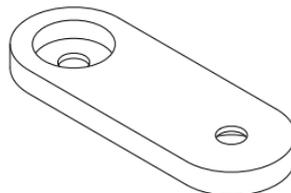
Figura 40. Manivela.



Fuente: Esta investigación.

La manivela es el elemento que permite el movimiento en círculos que va fijada al motor para que el movimiento sea constante esta tiene un tamaño fijo en medio de debe ir una balinera para le unión de la biela.

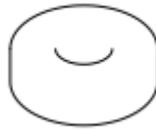
Figura 41. Biela.



Fuente: Esta investigación.

La biela es el elemento que permite la unión de la mesa con la manivela con el fin de que esta haga la función de mover la mesa móvil.

Figura 42. Balineras.



Fuente: Esta investigación.

La balinera es un elemento prefabricado el cual nos permite que el mecanismo sea menos ruidoso y a su vez se ajusta a la necesidad de uniones con los ejes.

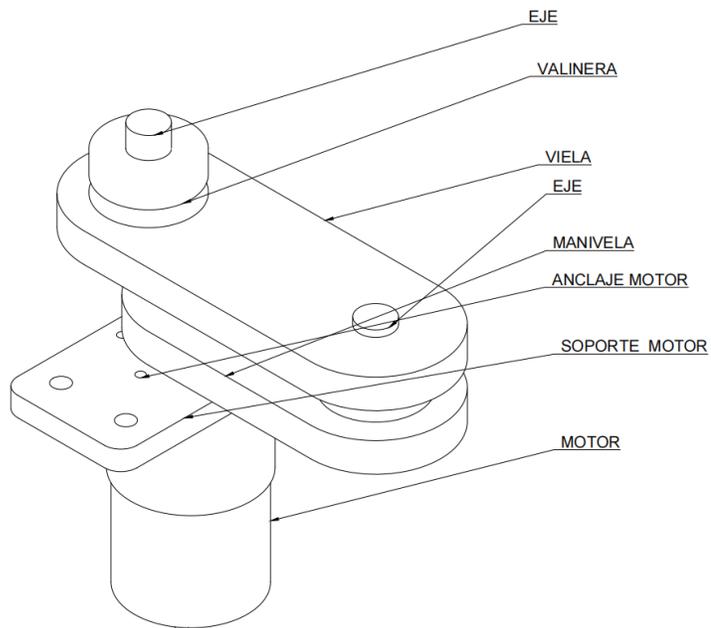
Figura 43. Ejes de sujeción.



Fuente: Esta investigación.

Estos ejes son diseñados de tal manera que tenga una superficie un poco angosta con una superficie más ancha para que este no se salga de las balineras ni los elementos estos sirven para sujetar todas las partes.

Figura 44. Partes del mecanismo.



Fuente: Esta investigación.

En esta imagen mostramos todo el mecanismo consolidado para hacerlo funcionar con el motor y el mecanismo de biela-manivela.

Figura 45. QR del mecanismo.



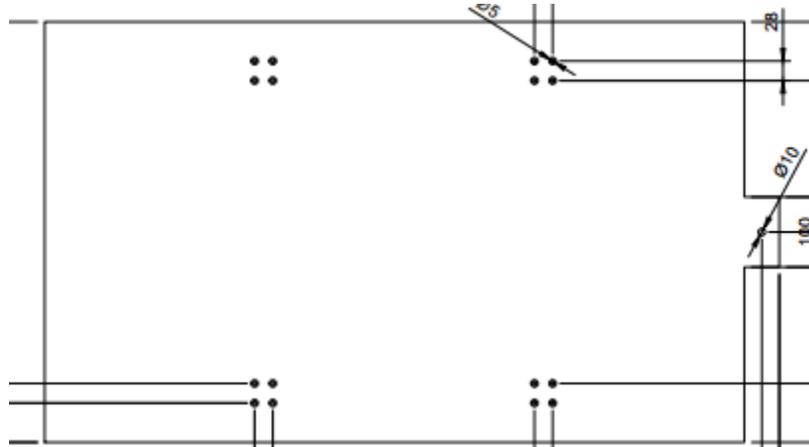
Fuente: Esta investigación.

En esta imagen se enviará al lector al cómo funciona el mecanismo Biela-manivela

4.4 MECANISMO DE RILES CON LA MESA MOVIL

Para obtener el movimiento sísmico que se desea se necesita una base móvil con un sistema de riles nuevos, pero también se hace un nuevo diseño de la mesa móvil para que este sea para todo tipo de maquetas. Entre las piezas que serán fabricadas y otras que serán prefabricadas, se incluyen las siguientes:

Figura 46. Mesa móvil.



Fuente: Esta investigación.

Esta mesa sirve de soporte de las maquetas en el cual se fijan y a su vez hacen que las maquetas queden sobre la mesa la cual cambia un poco llegando a medir 60*100 cm contemplando como tamaño pliego.

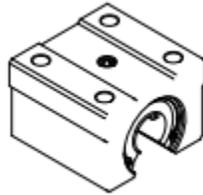
Figura 47. Riel lineal.



Fuente: Esta investigación.

Este es el mecanismo que va sobre la parte de la mesa que no se mueve es decir la estructura de la mesa se fija en esa parte de la mesa (véase la figura 32)

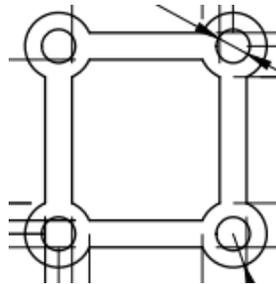
Figura 48. Balinera lineal.



Fuente: Esta investigación.

Esta es la que une la mesa móvil con los rieles para generar el movimiento perpendicular.

Figura 48. Alza.



Fuente: Esta investigación.

Esta es una pieza diseñada de tal manera que permita subir la un poco el mecanismo para que no choque con el sistema de riles.

Figura 49. QR del mecanismo de rieles.



Fuente: Esta investigación.

En este video se indica de manera más grafica como se une la mesa con el sistema de rieles.

4.5 CONSOLIDACIÓN DE LAS PARTES CREADAS

En este punto, se logró consolidar todas las partes previamente creadas, así como las nuevas piezas, con el fin de conformar el mueble tal como será creado. Esta consolidación de las partes implica considerar todos los elementos posibles para crear las primeras pruebas con los estudiantes de arquitectura. El objetivo es realizar pruebas iniciales que permitan evaluar la funcionalidad, el diseño y la viabilidad del proyecto antes de avanzar a etapas posteriores.

Para la creación de esta mesa, el primer paso fue diseñar un modelo en 3D que incluyera todos los elementos y mostrara cómo se verían en conjunto con la mesa. Por lo tanto, en las siguientes figuras se presentará una previsualización del mueble con todas las partes ensambladas, con el fin de proporcionar una primera idea de cómo quedará el mueble.

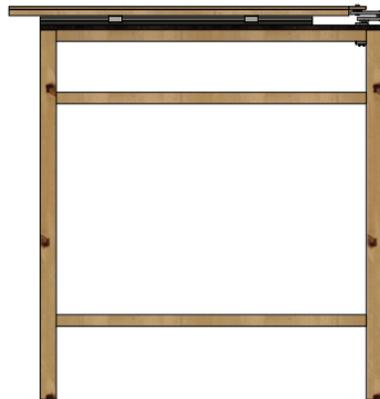
Figura 50. Mueble 3d.



Fuente: Esta investigación.

Una vista isométrica del mueble con todas sus partes consolidadas.

Figura 50. Mueble 3d frontal.



Fuente: Esta investigación.

Una vista frontal del mueble con todas sus partes consolidadas.

Una vez que todo estaba modelado, se decidió construir el mueble utilizando las piezas fabricadas y las piezas prefabricadas, comenzando con la construcción de un prototipo. Este prototipo servirá como base para realizar las primeras pruebas antes de pasar al diseño final.

Es importante destacar que el enfoque principal del diseño de este mueble es su funcionalidad, y aunque aún no se ha prestado mucha atención al aspecto estético, se espera que el resultado final sea atractivo comercialmente. Las imágenes se presentarán con este propósito, buscando que el mueble sea tanto funcional como visualmente atractivo.

El mueble consolidado se mostrará en un video, donde el autor de este trabajo de grado describirá las partes y las pondrá a prueba sin ningún objeto, con el objetivo de demostrar su funcionamiento. Además, el mecanismo utilizado será presentado como un primer acercamiento a su apariencia y funcionamiento final.

Figura 51. QR con el mueble y el autor.



Fuente: Esta investigación.

Una visualización del mueble con todas sus partes consolidadas.

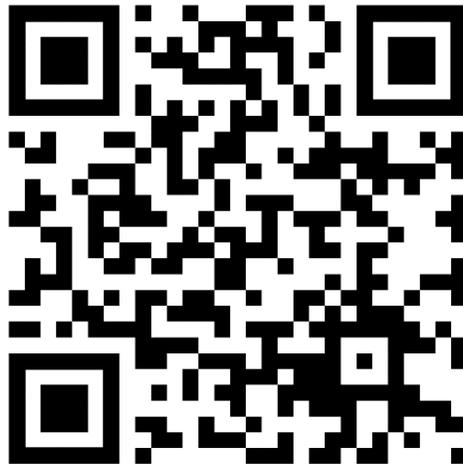
Como se observa en este video, hay elementos que aún no se mencionan en el trabajo, como la fuente de poder y el ajustador de velocidad, los cuales son elementos prefabricados que permiten que el motor funcione con una fuente de alimentación eléctrica. Es importante entender que este video muestra el primer prototipo de la mesa, que es el paso inicial hacia el objetivo final.

Al ensamblar todas las partes, se observó que la mesa no solo funcionaba de manera precisa, sino que también se podía ajustar la velocidad. Utilizando una

aplicación en el celular llamada vibrometro, se determinó que la velocidad mínima producía una vibración con una magnitud de 4.3, lo cual es aceptable según la investigación. La velocidad máxima alcanzó una magnitud de 6.0, que equivale a un terremoto con posibles daños estructurales masivos.

En esta etapa de la investigación, se decide poner a prueba la mesa realizando pruebas con estudiantes de arquitectura y sus maquetas estructurales. Se consideró que las maquetas fueran altas, por lo que se utilizaron maquetas de cuarto semestre, la mayoría en escala de 1/200. El siguiente video mostrará cómo fueron estas primeras pruebas con los estudiantes.

Figura 52. QR primeras pruebas.



Fuente: Esta investigación.

Una visualización del mueble con el autor y los estudiantes de arquitectura de cuarto semestre.

En el video, se puede observar cómo la mesa se somete a pruebas, incluyendo el mecanismo de sujeción de maquetas que denomine como 'sujeción de maquetas bajo presión'. Para esto, se colocaron dos maderas de 1 cm de ancho, 1 cm de grosor y 60 cm de largo, junto con cuatro pernos a presión que sirven como sujetadores de las maquetas. Las pruebas fueron un gran éxito tanto para los

estudiantes como para el autor, demostrando que el mecanismo y el prototipo funcionan correctamente.

4.6 DIBUJO MECANICO

El siguiente paso fue comenzar a trabajar en los planos de este proyecto. El trabajo de dibujo es crucial tanto para la carrera como para la fabricación del mueble, ya que se trata de un mueble funcional que, al mismo tiempo, debe ser accesible para que cualquier persona pueda crearlo de manera empírica.

El dibujo utilizado en este trabajo de grado es el dibujo mecánico, por lo que es necesario comprender algunas cuestiones primordiales. En primer lugar, es fundamental conocer las partes que son fabricadas a partir del diseño y aquellas que son creadas a partir de prefabricaciones. Es importante reconocer que, en el caso de las partes prefabricadas, se necesita comprender su funcionamiento y cómo se integran con la mesa.

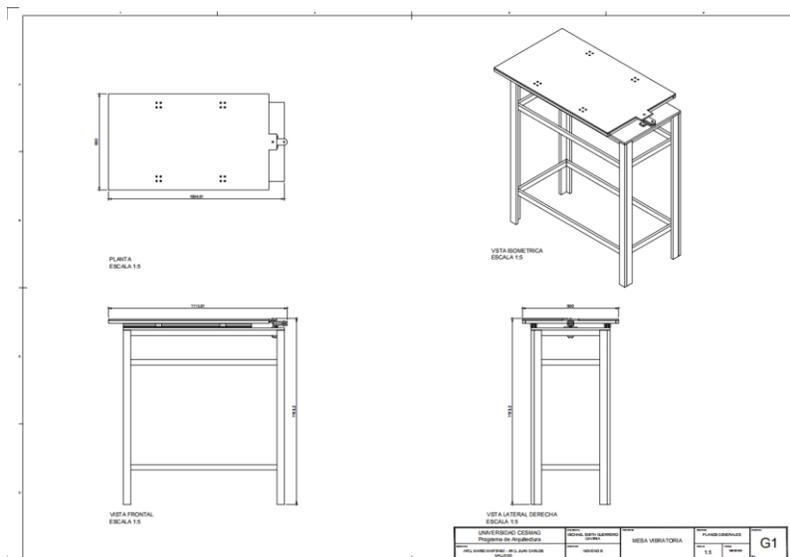
Además, es importante tener en cuenta que la mayoría de los dibujos se realizan en escalas pequeñas, como 1:5 o 1:1, dependiendo del tamaño de las piezas. Por lo tanto, la precisión es fundamental en este tipo de dibujo.

Los planos que se están trabajando son los siguientes:

- Plano estructural
- Plano general
- Plano de detalles
- Plano explosivos
- Plano de renderización

Por lo tanto, los planos trabajados se presentarán en hojas tamaño pliego para una mejor comprensión. Estos planos fueron elaborados en AutoCAD para mejorar su diagramación y para comprender mejor cómo se están conformando los planos con la estructura de la mesa. Por ende, es importante entender el dibujo mecánico. En las siguientes figuras se mostrarán los primeros avances del dibujo mecánico y cómo se están desarrollando. Este es el primer plano general que se hizo de la mesa vibratoria donde miramos como esta quedando.

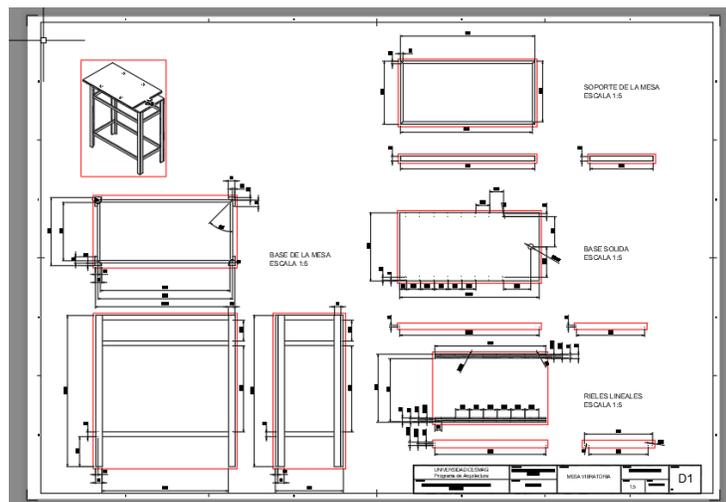
Figura 53. Primer plano general.



Fuente: Esta investigación.

Este es el primer plano muestra los detalle de algunas piezas de la mesa.

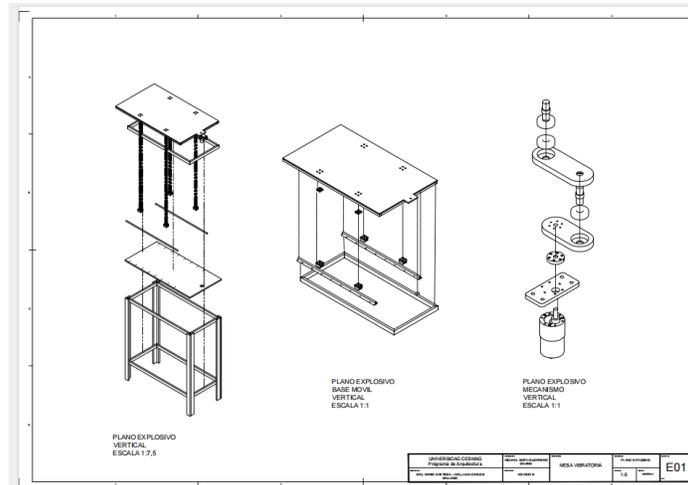
Figura 54. Primer plano detalle.



Fuente: Esta investigación.

Este es el primer plano explosivo que muestra cómo se une cada una de las piezas de esta mesa.

Figura 55. Primer plano explosivo.



Fuente: Esta investigación.

En este capítulo, hemos explorado el proceso de diseño y fabricación de una mesa vibratoria funcional. Desde el análisis de los mecanismos hasta la realización de pruebas con estudiantes de arquitectura, lleno de desafíos y descubrimientos los cuales nos ayudaron a mejorar la mesa en todos sus aspectos y saber cómo se puede mejorar el mueble.

Comenzamos con el diseño en 3D y la selección de componentes clave, como el motor y la mesa en si. Luego, se hizo la fabricación del prototipo y la realización de pruebas para evaluar su funcionamiento.

La importancia del dibujo mecánico en todo el proceso ha sido fundamental, ya que ha permitido comprender cada detalle y asegurar la precisión en la fabricación. Los planos elaborados en AutoCAD sirven como una guía para futuros proyectos y garantizarán la reproducibilidad del diseño establecido en este trabajo de grado.

Este capítulo ha llevado desde la concepción de la idea hasta la materialización de un prototipo funcional. En el próximo capítulo, profundizaremos en los resultados de las pruebas realizadas y se hará las conclusiones obtenidas.

5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FINAL DE MESA VIBRATORIA FUNCIONAL, TENIENDO EN CUENTA LAS MEJORAS REALIZADAS EN LOS PROTOTIPOS ANTERIORES, PARA SU USO EN LA UNIVERSIDAD CESMAG

En este último objetivo, se llevó a cabo la construcción final del modelo de la mesa vibratoria funcional, con el propósito de proporcionar al usuario todas las indicaciones necesarias para su utilización en la Universidad CESMAG. Este paso es muy importante, ya que implica comprender el funcionamiento y comportamiento de la mesa para que sea usada de la mejor manera.

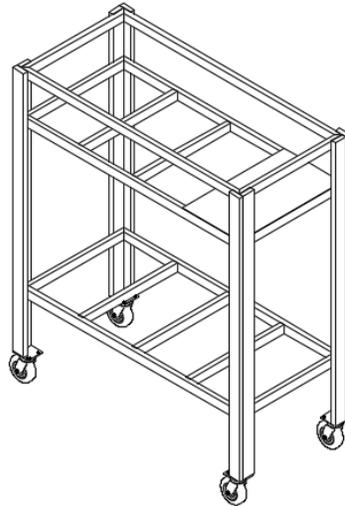
Para iniciar este capítulo, se procedió a mejorar y modelar el diseño en 3D de la mesa, con el objetivo de garantizar que todas las características y aspectos visuales estuvieran representados de manera precisa. En este sentido, el primer aspecto abordado fue la estructura de la mesa.

5.1 ESTRUCTURA DE LA MESA

En este primer punto del quinto capítulo, nos enfocamos en mejorar la estructura de la mesa, consolidando algunas partes faltantes y detallando todos los aspectos estructurales en los planos correspondientes. La primera reforma significativa en la estructura de la mesa fue la adición de tres refuerzos de madera transversales, diseñados para aumentar su rigidez y reducir el movimiento durante la simulación.

Además, se instalaron ruedas giratorias con freno para facilitar el transporte de la mesa. La Figura siguiente muestra una representación isométrica de estas mejoras.

Figura 56. Estructura isométrica.



Fuente: Esta investigación.

En esta figura se muestra como es la estructura de esta mesa para que se entienda mejor los cambios que se hicieron.

Para una comprensión más detallada de la estructura de la mesa, se adjunta el anexo 3 (plano estructural), donde se muestra de manera más precisa y detallada cómo se conforma la estructura. Este anexo proporciona una representación visual exhaustiva que complementa la descripción presentada.

La mesa en este punto de la investigación se mira estructuralmente así:

Figura 57. Avance de la estructura de la mesa como mueble.



Fuente: Esta investigación.

Esta estructura representa la versión final de la mesa, construida en madera. Es importante destacar que dentro de esta estructura se han incorporado ruedas de seguridad para facilitar su movimiento. Para comprender mejor la estructura y ver cómo funcionan las ruedas de seguridad, se puede acceder al siguiente video a través del código QR adjunto.

Figura 58. Estructura del mueble.



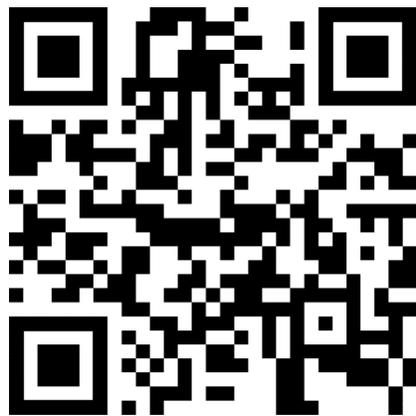
Fuente: Esta investigación.

5.2 BASE MOVIL

Dentro de la base móvil, se implementaron varios cambios destinados a mejorar su funcionamiento global. Uno de los principales cambios fue el diseño de una mesa que permite la inserción de tornillos especiales, los cuales están empotrados en ella y facilitan la unión con el alza y los rieles. Además, se reconstruyó la mesa móvil desde cero, mejorando su estructura para lograr una presentación más elegante y una mayor resistencia.

Para comprender mejor estos cambios y la distribución de la mesa móvil, se proporciona al lector una explicación detallada junto con una animación que muestra las diferentes partes que la componen. Esto se puede apreciar en la Figura 59, que ofrece una visión completa de cómo se realizó y se organizó la mesa móvil.

Figura 59. Base móvil del mueble.



Fuente: Esta investigación.

5.3 MECANISMO FINAL

El mecanismo final fue el sistema biela-manivela, previamente presentado y explicado en el capítulo anterior, específicamente en el apartado dedicado a este mecanismo (capítulo 4: mecanismo biela-manivela). En esta ocasión, se reconstruyó el mecanismo con el objetivo de hacerlo más duradero. En la versión anterior, la impresión 3D se realizó con un relleno del 30%, mientras que en este

nuevo diseño se utilizó un relleno sólido del 100%, asegurando una mayor resistencia en el ambiente universitario.

Es importante mencionar que este mecanismo presenta cierta propensión al fallo debido al sistema de motor. Cuando la velocidad alcanza su máximo, puede producirse un choque debido al momento de inercia experimentado. Sin embargo, se trabajó para minimizar este choque mediante el uso de más rodamientos y un sistema de ejes de unión más robusto. Aunque se han realizado mejoras significativas, es importante reconocer que este choque no puede eliminarse por completo.

La frecuencia de vibración (Hertz) aplicada por el motor a este mecanismo es de 2.5 Hz, lo que significa que se intenta que el motor complete la mitad de una vuelta en un segundo a su velocidad mínima. Esta frecuencia aumenta con la velocidad del motor. Es importante destacar que, si bien este mecanismo no simula un sismo en su totalidad, ya que la mesa es unidireccional y simula vibraciones, permite realizar estudios importantes, como se mencionó en el (análisis estático de los elementos no finitos en el primer capítulo).

Para una mejor comprensión de las partes de este mecanismo, se incluye un anexo al final del documento. Además, se proporciona al lector una animación que puede visualizarse a través del código QR, véase en la siguiente figura.

Figura 60. Mecanismo final del mueble.



Fuente: Esta investigación.

5.3 MESA FINAL EN 3D

El modelo final de la mesa en 3D ha sido completado con éxito, representando un avance significativo en el proyecto de investigación aplicada. Esta herramienta nos ha permitido visualizar claramente el diseño y garantizar que cumpla con los requisitos establecidos. La utilización de la tecnología en este proceso ha sido fundamental, demostrando cómo la innovación digital puede facilitar la planificación y construcción de muebles funcionales, ya sea para uso comercial o académico.

Este modelo en 3D, junto con una animación detallada, proporciona una representación precisa de la mesa final. Gracias a esta herramienta, podemos replicar fácilmente el diseño en otras ubicaciones y universidades, no solo para la carrera de arquitectura, sino también para otras disciplinas. La imagen previa que se muestra a continuación ofrece una vista anticipada de cómo será la mesa final.

Figura 61. Mesa en 3D final.



Fuente: Esta investigación.

Para tener una visualización en 3D de la misma mesa se realizó una animación virtual de como quedara la mesa sin color.

Figura 61. Mesa en 3D final video.

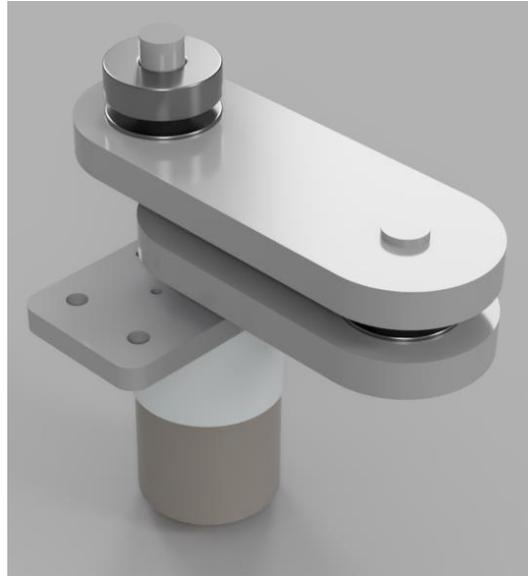


Fuente: Esta investigación.

En el proceso de modelado completo, se ha integrado cada aspecto del diseño, incluido el mecanismo final de la mesa. Este enfoque integral asegura que todos los componentes estén interconectados y que el trabajo esté completo en su totalidad. Destacando que el mecanismo final y consolidado ha sido modelado de manera meticulosa, cumpliendo con todos los requerimientos establecidos.

Para visualizar el resultado final del modelado de la mesa, se presenta la siguiente figura (figura 62), que muestra el mecanismo final integrado en el diseño completo. Con esto, se concluye el proceso de modelado de la mesa en 3D, asegurando que todos los aspectos del proyecto estén debidamente representados y documentados.

Figura 62. Mecanismo en 3D final.



Fuente: Esta investigación.

5.4 MESA FINAL COMO MUEBLE DE TRABAJO

La mesa final de trabajo se construyó utilizando materiales que han sido detallados a lo largo del documento de grado. Se ha dado prioridad a la madera como material principal para la estructura, debido a su excelente comportamiento frente a las vibraciones, su versatilidad y su resistencia. La mayor parte de la mesa está compuesta por elementos de madera, lo que garantiza su solidez y durabilidad.

Además de la madera, se han utilizado piezas prefabricadas para facilitar el movimiento de la mesa, así como un sistema motorizado para garantizar un movimiento fluido. En el capítulo 4, desde la página 74 hasta la página 86, se detallan las piezas prefabricadas utilizadas y aquellas diseñadas por el autor.

Este enfoque en la combinación de materiales y tecnologías ha permitido la creación de una mesa funcional y robusta, que cumple con los requisitos establecidos para su uso en el entorno universitario.

5.6 DESARROLLO DE PRUEBAS CON EL MECANISMO EN FUNCIONAMIENTO SOBRE LA MESA DE TRABAJO

En el siguiente video se muestra la mesa vibratoria en acción, sometiéndola a pruebas con las maquetas requeridas por los estudiantes de arquitectura. Estas maquetas están diseñadas específicamente para ser probadas en la mesa vibratoria, permitiéndonos alcanzar nuestro objetivo de comprender el comportamiento de las estructuras en el análisis estático.

El video destaca cómo logramos este objetivo al mostrar la interacción entre las maquetas y la mesa vibratoria. Esta prueba proporciona información invaluable sobre cómo las estructuras responden a diferentes fuerzas y vibraciones, lo que enriquece la experiencia educativa de los estudiantes y mejora su comprensión de los principios de las estructuras.

Figura 65. Qr de las primeras pruebas.



Fuente: Esta investigación.

5.8 PRUEBAS FINALES CON DIFERENTES TIPOS DE MAQUETAS

Después de observar el funcionamiento de la mesa vibratoria, se han elaborado nuevas maquetas para mejorar nuestra comprensión de cómo interactúan con esta

tecnología. En el siguiente video, se muestra el proceso de prueba de estas maquetas en la mesa vibratoria.

Posteriormente, se proporcionará una explicación detallada de cada maqueta y la importancia de comprender su comportamiento en este entorno específico. Este enfoque nos permitirá analizar cómo las estructuras a escala reaccionan ante las vibraciones, lo que resulta fundamental para el diseño arquitectónico y la comprensión de la resistencia de los materiales en condiciones dinámicas.

Figura 65. Qr diferentes pruebas de maquetas.



Fuente: Esta investigación.

El video presentado anteriormente ilustra el proceso de construcción de las mesas y su relevancia en la investigación de la validación de maquetas arquitectónicas. Es esencial tener en cuenta las recomendaciones detalladas en el trabajo escrito, específicamente en la sección final del documento.

En esta sección, se establecen las pautas y medidas reglamentarias que deben seguirse al elaborar las maquetas arquitectónicas. Estas recomendaciones son cruciales para garantizar la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos durante las pruebas en la mesa vibratoria.

Al seguir estas directrices, se asegura que las maquetas sean representativas y estén en consonancia con los estándares requeridos para la investigación arquitectónica. Esto contribuye significativamente a la validez y la utilidad de los datos recopilados, fortaleciendo así el valor de la investigación realizada.

5.9 PRESENTACION FINAL DE LOS PLANOS MECANICOS DE LA MESA

En los planos presentados desde el anexo C hasta el anexo Z, se detalla exhaustivamente el proceso de fabricación de la mesa vibratoria. Estos documentos contemplan cada etapa del diseño y construcción, proporcionando una guía completa que permite a cualquier persona replicar el proyecto.

Los planos incluyen todas las especificaciones necesarias, desde los materiales utilizados hasta las dimensiones exactas de cada componente. Siguiendo estas instrucciones, se puede asegurar una fabricación precisa y funcional de la mesa vibratoria, facilitando su reproducción y aplicación en diversos contextos educativos y profesionales.

6. CONCLUSIONES

La construcción de la mesa vibratoria funcional, basada en las mejoras realizadas en los prototipos anteriores, ha demostrado ser un éxito. El modelo final ha sido diseñado y construido con materiales seleccionados cuidadosamente, como la madera, que ha demostrado ser versátil y resistente a las vibraciones, cumpliendo así con los requerimientos de la Universidad CESMAG.

A lo largo de este proyecto, se ha logrado avanzar significativamente en el diseño y fabricación. Desde la selección de los mecanismos adecuados hasta la realización de pruebas con estudiantes de arquitectura, se ha demostrado la viabilidad y el potencial del concepto.

La utilización de software de modelado 3D ha sido fundamental en la fase de diseño el cual fue fusion360 de la familia autodesk. Este enfoque tecnológico permitió prever el comportamiento de la mesa y realizar ajustes necesarios antes de la construcción física, lo que resultó en un producto final más preciso y funcional.

Se han realizado mejoras en el mecanismo biela-manivela para aumentar su durabilidad y minimizar los posibles fallos durante su funcionamiento. A través de la optimización del relleno en la impresión 3D y la implementación de rodamientos adicionales, se ha logrado una mayor estabilidad y resistencia.

El mecanismo de biela-manivela fue optimizado para aumentar su durabilidad y funcionalidad. La impresión 3D de este mecanismo con un relleno del 100% de material ha reducido significativamente los problemas de durabilidad observados en los prototipos anteriores, garantizando así su funcionamiento a largo plazo.

Se han implementado diversas mejoras en la estructura de la mesa, como la adición de refuerzos de madera transversales y ruedas giratorias con freno para mejorar la movilidad. Estas modificaciones han aumentado la rigidez y la facilidad de transporte de la mesa.

El modelo final de la mesa en 3D y la animación asociada no solo sirven como herramientas de visualización, sino que también facilitan la replicación del diseño en otros entornos y universidades. Esto demuestra la aplicabilidad y versatilidad del proyecto más allá del ámbito académico, con posibles aplicaciones en el ámbito comercial y de investigación.

La rediseñada base móvil, con la inclusión de tornillos especiales y mejoras en la distribución de la mesa, ha incrementado la estabilidad y resistencia del conjunto. Este diseño permite un ensamblaje más robusto y funcional, facilitando pruebas más precisas y confiables.

La mesa vibratoria no solo representa un avance técnico, sino también una valiosa herramienta educativa que puede ser utilizada en la Universidad CESMAG y potencialmente en otras instituciones. Su diseño accesible y replicable permite su

aplicación en diferentes contextos, beneficiando a una amplia gama de estudiantes y profesionales.

El dibujo mecánico ha desempeñado un papel fundamental en todo el proceso, permitiéndonos comprender cada detalle y garantizar la precisión en la fabricación. Los planos elaborados en AutoCAD han sido herramientas indispensables para guiar nuestro trabajo y asegurar la reproducibilidad del diseño.

Las recomendaciones detalladas en la sección final del documento, junto con los planos presentados desde el anexo C hasta el anexo Z, ofrecen una guía completa para la construcción y uso de la mesa. Estas instrucciones aseguran que cualquier persona interesada pueda replicar el proyecto con precisión.

Las pruebas realizadas con maquetas arquitectónicas en la mesa vibratoria han proporcionado una valiosa comprensión sobre cómo las estructuras responden a las vibraciones. Esto no solo beneficia a los estudiantes de arquitectura en su aprendizaje, sino que también valida la eficacia de la mesa como herramienta educativa.

A medida que avanzamos en nuestro proyecto, se espera que se continúe refinando nuestro diseño y realizando pruebas adicionales para evaluar su desempeño en una variedad de escenarios. Además, como observación se puede cambiar la amplitud si se cambia la biela y generar más agujeros para que se ponga el eje y además se ponga las valineras correspondientes.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda no utilizar la velocidad máxima de la mesa vibratoria, ya que existe un impulso conocido como inercia que es muy difícil eliminar por completo con este mecanismo.

Se recomienda que la mesa quede fija al suelo. Para ello, se deben utilizar las cuatro ruedas con freno, asegurándose de que los frenos estén activados para evitar que la mesa se mueva al encenderla.

Se recomienda fijar bien las maquetas para evitar que se desplacen. Es aconsejable que las maquetas estén montadas en un soporte de 100 cm x 60 cm, preferiblemente en MDF de un grosor pequeño para una mejor sujeción.

El peso utilizado para todas las maquetas debe ser de 250 gramos, para mantener una constante en el peso. Se recomienda cuidar las pesas para evitar que se dañen durante las pruebas.

Se recomienda que las maquetas sean construidas con palillos de balsa de 2 mm, y preferiblemente más delgados, para una mejor observación de los comportamientos en la mesa vibratoria.

Si las maquetas no están hechas de balsa, se recomienda utilizar maquetas hechas con fideos, ya que es una de las mejores pruebas que se puede realizar con esta mesa.

Se recomienda ser muy cuidadoso con el mecanismo de biela-manivela. Aunque está fabricado con un relleno de alta calidad, este puede tender a dañarse.

Si los ejes de sujeción necesitan ser reemplazados, se recomienda mandarlos a hacer en metal, debido a la fricción del movimiento que puede desgastarlos y dañarlos.

Se recomienda que el estudiante o profesional que use esta mesa tenga el mayor cuidado posible con ella, para evitar daños causados por descuido.

La creación de la mesa vibratoria funcional representa una innovación tanto en el ámbito tecnológico como educativo. La combinación de técnicas de diseño

avanzadas y la aplicación práctica en el campo de la arquitectura proporciona una herramienta poderosa para la enseñanza y la investigación.

La disponibilidad de esta mesa en la Universidad CESMAG y su potencial replicabilidad en otras instituciones educativas puede transformar la manera en que se enseñan y se comprenden los principios estructurales en arquitectura. Los estudiantes pueden experimentar de manera práctica cómo las vibraciones afectan a las estructuras, lo que mejora su comprensión teórica y habilidades prácticas.

El proceso de diseño, construcción y pruebas de la mesa vibratoria ha permitido a los estudiantes y profesionales involucrados desarrollar habilidades técnicas valiosas en áreas como modelado 3D, fabricación de prototipos, mecánica estructural y análisis de datos. Estas competencias son fundamentales en el campo de la arquitectura y la ingeniería.

La creación de la mesa vibratoria ha requerido la colaboración de diversas disciplinas, como la arquitectura, la ingeniería, el diseño industrial y la tecnología. Este enfoque interdisciplinario promueve la creatividad, el intercambio de conocimientos y la resolución de problemas complejos de manera conjunta.

La elección de materiales sostenibles y la optimización del diseño de la mesa vibratoria reflejan un compromiso con el desarrollo sostenible. Al promover prácticas responsables en la construcción y el uso de recursos, este proyecto contribuye a la creación de entornos más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

La mesa vibratoria funcional representa un punto de partida para futuras investigaciones y mejoras. Se pueden explorar nuevos diseños, materiales y tecnologías para optimizar aún más su rendimiento y aplicabilidad en diferentes contextos educativos y profesionales.

BIBLIOGRAFÍA

3DBOTS. Arandela M10. [Producto en línea]. Consultada el 24 de abril de 2024. Disponible en: <https://3dbots.co/producto/arandela-m10-arandelas-10mm/>.

ALIBABA. [Sitio web de comercio electrónico]. Consultada el 24 de abril de 2024. Disponible en: https://spanish.alibaba.com/pdetail/asahi1623329058.html?spm=a2700.details.you_may_like.21.42371730ILA0Xk.

Biela-manivela. [En línea]. Recursos.edu.xunta.gal, s.f. Consultada el 24 de abril de 2024. Disponible en: https://recursos.edu.xunta.gal/sites/default/files/recurso/1464947673/53_bielamani_vela.html.

CHILE. Biblioteca digital de la Universidad de Chile. Consultada el 3 de marzo de 2023. Disponible en: https://bibliotecadigital.uchile.cl/discovery/fulldisplay?vid=56UDC_INST:56UDC_INST&tab=Everything&docid=alma991000432239703936&lang=es&context=L&adaptor=Local%20Search%20Engine&query=sub,exact,Ingeniería%20sísmica%20--%20Normas,AND&mode=advanced.

FOROS DE ELECTRÓNICA. Altura de mesa de trabajo. [Hilo de discusión en línea]. Consultada el 24 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.forosdeelectronica.com/threads/altura-de-mesa-de-trabajo.176632/>.

GNEE (Marinesteels). Barras huecas de acero inoxidable 409. [Producto en línea]. Consultada el 24 de abril de 2024. Disponible en: (link unavailable). También disponible en: <https://www.marinesteels.com/stainless-steel/409-stainless-steel-hollow-bars-for.html>.

GÓMEZ PACHÓN, Cristian David; LEGUIZAMÓN VERA, César Augusto; MAHECHA ARIAS, Daniela. Diseño y fabricación de mesa vibratoria para análisis de sismos con fines académicos. Trabajo de grado. Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia, 2018. Consultada el 3 de marzo de 2023. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/34fc5886-0df0-45a0-9331-6b10860456ce/content>.

GUEVARA PÉREZ, Teresa. Arquitectura moderna en zonas sísmicas. Colombia: Reverte, 2009. pp. 61-62.

Escala de Intensidades Modificada de Mercalli (en línea). En: ResearchGate, s.f. (Consulta: 15 de mayo de 2023). Disponible en: <https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/terremotos/magnitud-intensidad-y-aceleracion/>

MEDELLÍN. Tornirap S.A.S. Variedades de tuercas para su negocio y sus proyectos. Consultada el 24 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.tornirap.com.co/productos/tuercas/tuerca-de-seguridad>.

PIN-MOLINA. Escala de Intensidades Modificada de Mercalli (MMI). Consultada el 15 de mayo de 2023. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Escala-de-Intensidades-Modificada-de-Mercalli-MMI-Figura-tomada-de_fig1_336409467.

Rieles lineales y kit de rodamientos para máquinas y equipos automatizados. Rieles lineales SBR12 de 19.685 in con 4 bloques deslizantes SBR12UU, kit de rieles CNC (SBR12-500). [En línea]. Amazon. Consultada el 24 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/lineales-deslizantes-rodamientosautomatizadosSBR12-300/dp/B08B3VDLTK?th=1>.

TORNILLO para madera autoperforante. [Producto en línea]. Consultada el 29 de mayo de 2023. Disponible en: https://www.dawerk.com/MLA-1145748177-tornillo-para-maderaautoperforante-6x1-negro-x-2000-uni-_JM3.

VOLCANO DISCOVERY. [En línea]. s.f. Consultada el 15 de mayo de 2023. Disponible en: https://www.volcanodiscovery.com/searchresults.html?cx=partner-pub-3740653521982427%3A9wc33x-8e80&cof=FORID%3A10&ie=UTF-8&q=departamentode-narino#google_vignette.

ANEXOS

ANEXO A: Últimos sismos registrados en el departamento de Nariño desde los años (2013, 2023)

Año	Mes	Dia	Magnitud	Lugar	Hora GMT
2013	Feb	9	6.9	Tumaco	14:16 GMT
		21	2.4	Nariño	00:00 GMT
		28	3.0	Cumbal	03:02 GMT
	Mar	2	2.7	Tumaco	12:30 GMT
		3	2.4	El Charco	08:21 GMT
		3	2.4	El Charco	08:21 GMT
		6	2.5	Tumaco	23:39 GMT
		14	3.1	Nariño	23:12 GMT
		15	1.9	La Cruz	10:23 GMT
		30	2.7	Nariño	13:55 GMT
		Abr	2	2.3	Nariño
	2		2.7	Nariño	10:32 GMT
	May	5	2.7	Tumaco	12:03 GMT
	Jul	24	3.2	Nariño	12:50 GMT
	Ago	16	2.8	El Charco	00:17 GMT
		27	3.2	Tumaco	06:04 GMT
	Sep	6	2.5	El Charco	10:05 GMT
		6	2.7	El Charco	10:45 GMT
		7	2.1	El Charco	18:56 GMT
		25	2.7	Tumaco	04:38 GMT
	Oct	15	3.8	Nariño	22:13 GMT
	Nov	10	3.8	Nariño	05:36 GMT
	Dic	5	4.7	Tumaco	17:02 GMT
21		3.0	Tumaco	07:25 GMT	
2014	Ene	12	3.1	Tumaco	01:18 GMT
	Mar	5	2.9	El Charco	00:00 GMT
		9	5.6	Tumaco	00:21 GMT
		10	3.1	Tumaco	04:52 GMT
		14	3.2	Tumaco	05:05 GMT
	Abr	4	3.2	Tumaco	11:24 GMT
May	6	2.6	Tumaco	08:42 GMT	

		14	2.9	Nariño	16:06 GMT
		28	2.5	Tumaco	01:59 GMT
	Jun	6	2.7	Nariño	10:30 GMT
		9	3.8	Tumaco	12:56 GMT
		27	2.6	Tumaco	03:16 GMT
	Jul	7	4.8	Tumaco	06:49 GMT
	Sep	20	5.7	Pupiales	19:33 GMT
	Oct	29	4.7	Nariño	14:52 GMT
2015	Feb	27	4.0	Tuquerres	19:00 GMT
	Jul	19	4.9	El Charco	11:16 GMT
	Sep	13	3.6	Nariño	04:54 GMT
	Oct	27	3.6	Nariño	10:43 GMT
	Dic	6	3.2	Tumaco	11:33 GMT
		6	3.1	Tumaco	17:42 GMT
		15	3.5	El Charco	02:40 GMT
		15	2.7	El Charco	02:40 GMT
26		3.6	Tuquerres	19:43 GMT	
2016	Ene	6	3.6	Samaniego	01:28 GMT
		21	2.6	Pasto	00:48 GMT
	Mar	15	3.7	Tuquerres	04:42 GMT
	May	31	3.3	Tumaco	14:59 GMT
		31	3.2	Barbacoas	14:59 GMT
	Jun	1	3.1	Tumaco	18:40 GMT
		4	2.8	El Charco	19:37 GMT
	Jul	10	2.8	Tuquerres	12:18 GMT
		15	2.7	El Charco	10:00 GMT
		30	2.7	Pasto	21:39 GMT
	Sep	10	4.1	Tuquerres	14:18 GMT
		15	2.3	Pasto	02:59 GMT
	Oct	10	4.9	El Charco	17:59 GMT
Nov	1	3.4	Ipiales	16:05 GMT	
2017	Sep	5	3.2	Pasto	08:37 GMT
	Nov	4	4.3	Tumaco	01:22 GMT
		24	3.6	Tumaco	08:09 GMT
	Dic	1	2.2	El Charco	18:22 GMT
2018	Ene	3	4.1	Tumaco	01:32 GMT
		29	3.9	Pasto	00:44 GMT
	Feb	1	2.5	Tuquerres	11:10 GMT
	Mar	14	3.9	Tumaco	18:34 GMT
		29	3.8	Tumaco	14:57 GMT

	May	25	4.6	Tumaco	21:54 GMT
		29	3.4	Sandona	14:15 GMT
	Jun	12	4.4	Pasto	09:35 GMT
		12	4.9	Pasto	09:35 GMT
	Jul	18	4.6	Tumaco	01:28 GMT
	Sep	1	4.3	El Charco	07:25 GMT
		11	4.0	Pasto	06:08 GMT
	Dic	13	3.6	Tumaco	16:37 GMT
		16	3.5	Tumaco	00:53 GMT
21		4.9	Tumaco	18:57 GMT	
2019	Jul	20	4.0	Tuquerres	12:38 GMT
2020	Ene	17	4.8	Tumaco	04:32 GMT
	Feb	26	4.5	Tumaco	17:14 GMT
	Mar	16	3.8	Nariño	04:23 GMT
		20	3.5	Tumaco	03:12 GMT
	May	4	4.6	Tumaco	20:52 GMT
	Jun	28	3.5	Nariño	19:08 GMT
	Jul	25	4.6	Tumaco	10:48 GMT
	Ago	11	4.1	Barbacoas	15:34 GMT
		23	3.6	Tuquerres	14:42 GMT
	Dic	23	4.1	San Lorenzo de Esmeralda	01:32 GMT
Oct		10	3.1	Ipiales	16:33 GMT
		1	3.7	Tuquerres	03:51 GMT
2021	Ene	13	4.7	Tumaco	01:11 GMT
		16	4.1	El Charco	14:42 GMT
	Feb	21	3.7	Tumaco	19:54 GMT
	Abr	13	4.7	Tumaco	16:50 GMT
	Nov	8	3.9	Nariño	11:23 GMT
		5	4.5	Tumaco	04:13 GMT
		1	3.6	Nariño	14:06 GMT
	Sep	3	3.9	Tumaco	00:09 GMT
2022	Dic	17	4.5	Tumaco	09:49 GMT
	Sep	30	3.5	Cumbal	10:46 GMT
	Ago	30	N/A	Pasto	08:11 GMT
		18	3.5	Cumbal	23:42 GMT
	Jul	12	3.7	Cumbal	23:01 GMT
		5	3.5	Cumbal	06:00 GMT
	Jun	22	3.5	Cumbal	04:54 GMT
		15	3.7	Tumaco	05:58 GMT

		14	3.5	Cumbal	11:23 GMT
--	--	----	-----	--------	-----------

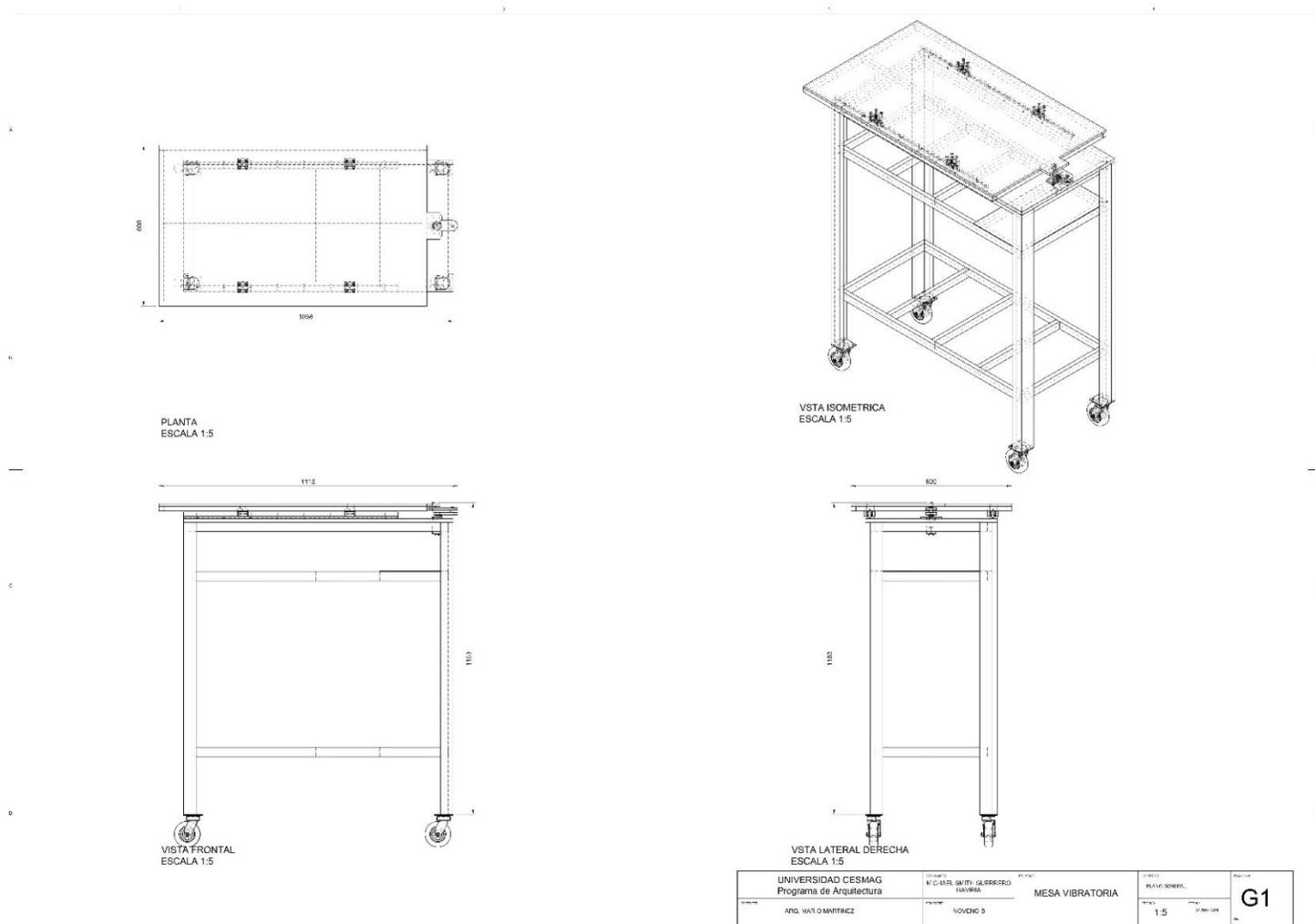
Fuente: VOLCANO DISCOVERY. [En línea]. s.f. Consultada el 15 de mayo de 2023. Disponible en: https://www.volcanodiscovery.com/searchresults.html?cx=partner-pub-3740653521982427%3A9wc33x-8e80&cof=FORID%3A10&ie=UTF-8&q=departamentode-narino#google_vignette.

ANEXO B: Últimos sismos registrados en la ciudad de pasto desde los años (2013, 2023)

Año	Mes	Dia	Magnitud	Lugar	Hora GMT
2013	febrero	9	6,9	Tumaco	14:16 GMT
		21	2,4	Nariño	00:00 GMT
	marzo	14	3,1	Nariño	23:12 GMT
	abril	2	2,3	Nariño	06:30 GMT
		2	2,7	Nariño	10:32 GMT
	julio	26	3,2	Nariño	12:50 GMT
	octubre	15	3,8	Nariño	22:13 GMT
noviembre	10	3,6	Nariño	05:36 GMT	
2014	mayo	14	2,6	Nariño	08:42 GMT
	junio	9	2,7	Nariño	10:30 GMT
	octubre	20	5,7	Nariño	19:33 GMT
2015	septiembre	13	3,6	Nariño	04:54 GMT
2016	julio	30	2,7	Nariño	21:39 GMT
	septiembre	10	4,1	Nariño	14:18 GMT
		15	2,3	Nariño	02:59 GMT
	octubre	10	4,9	El Charco	17:59 GMT
	noviembre	1	3,4	Nariño	16:05 GMT
2017	septiembre	5	3,2	Nariño	08:37 GMT
2018	enero	29	3,9	Nariño	00:44 GMT
	junio	12	4,4	Nariño	09:35 GMT
		12	4,9	Nariño	09:35 GMT
	septiembre	11	4	Nariño	06:08 GMT
2020	diciembre	23	4,1	San Lorenzo de Esmeralda	01:32 GMT
2021	noviembre	1	3,6	Nariño	14:06 GMT
2022	marzo	2	2,4	Nariño	15:24 GMT

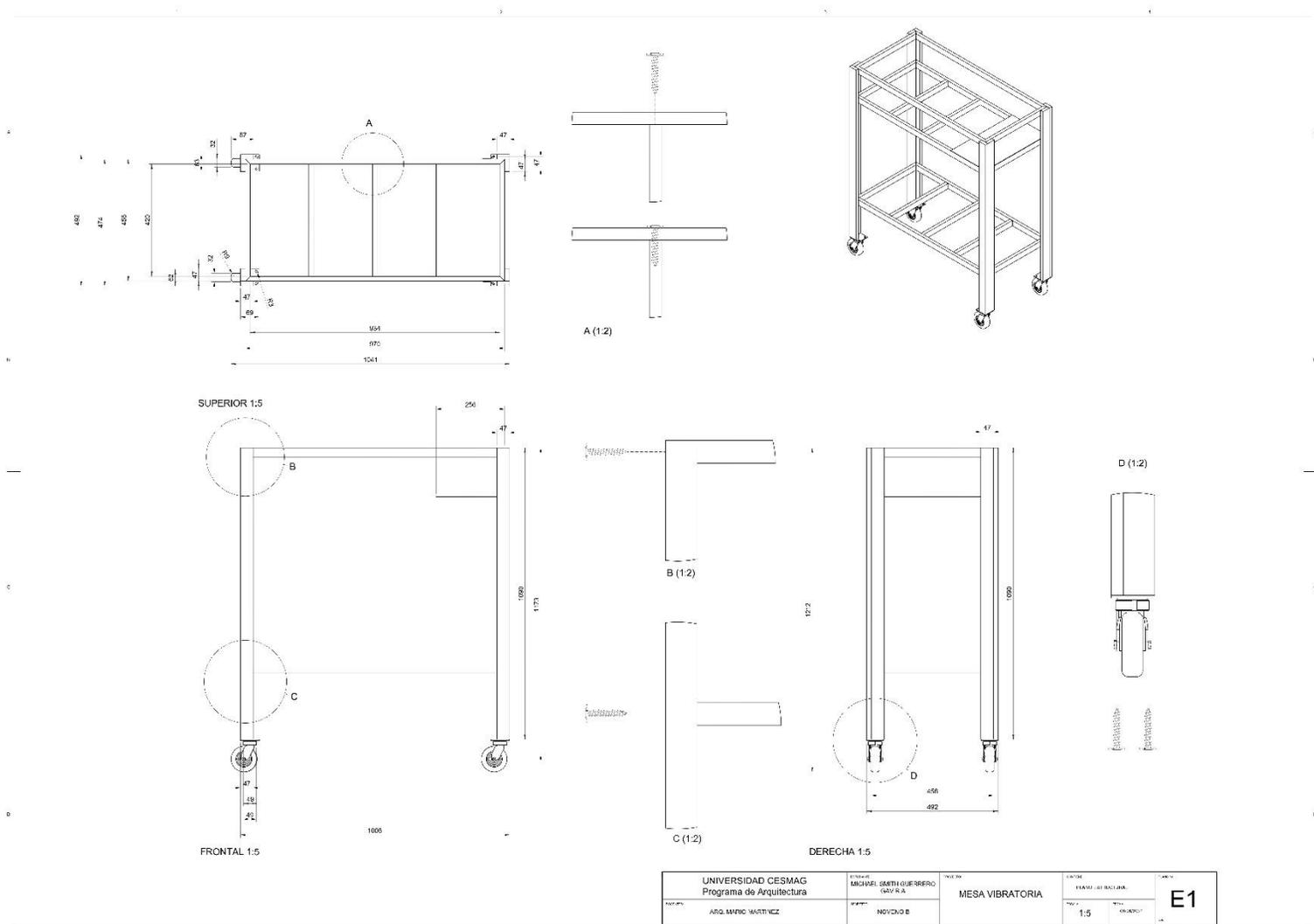
Fuente: VOLCANO DISCOVERY. [En línea]. s.f. Consultada el 15 de mayo de 2023. Disponible en: https://www.volcanodiscovery.com/searchresults.html?cx=partner-pub-3740653521982427%3A9wc33x-8e80&cof=FORID%3A10&ie=UTF-8&q=departamentode-narino#google_vignette.

ANEXO C: Plano General de la mesa.



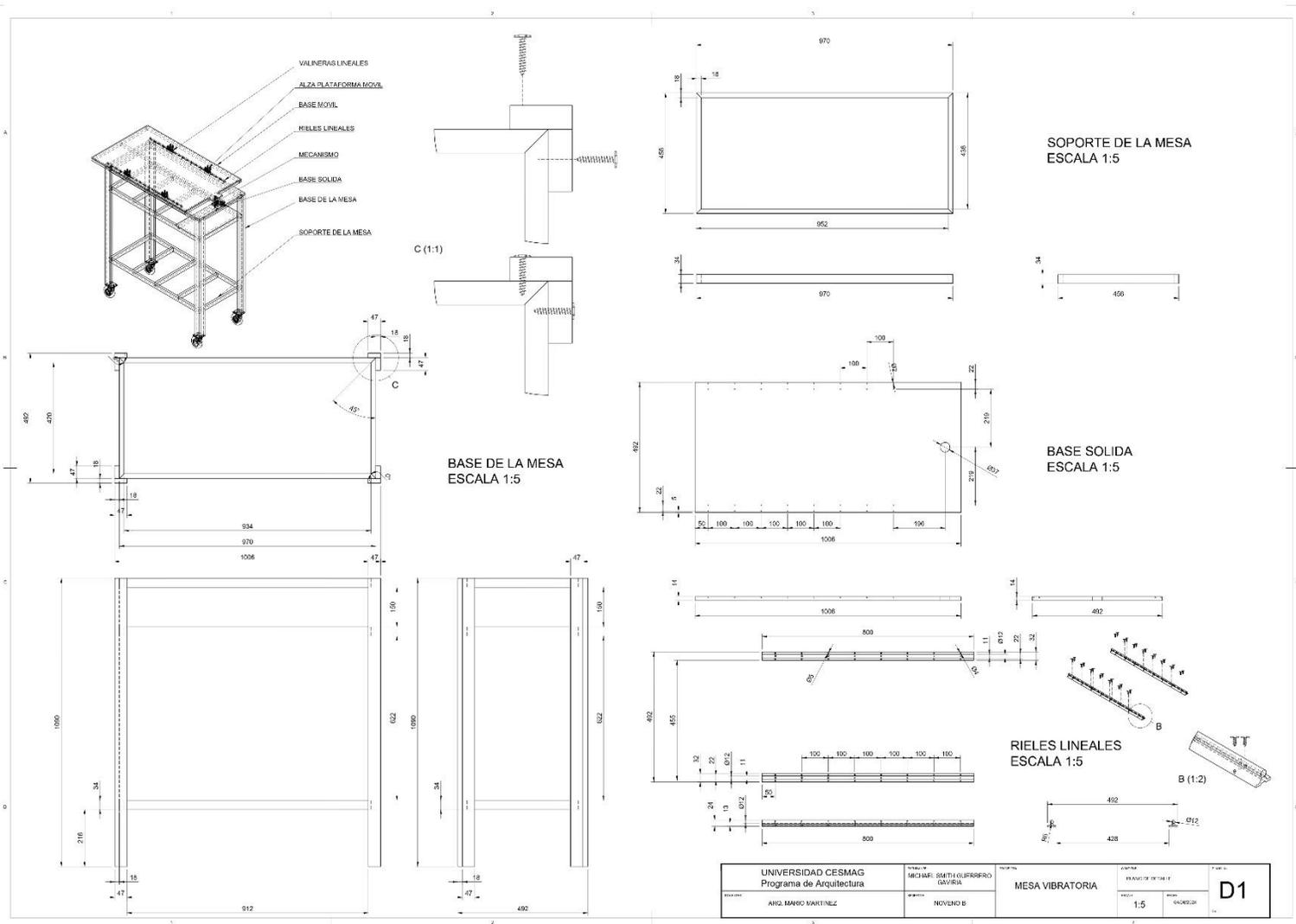
Fuente: Esta investigación.

ANEXO D: Plano estructural de la mesa.



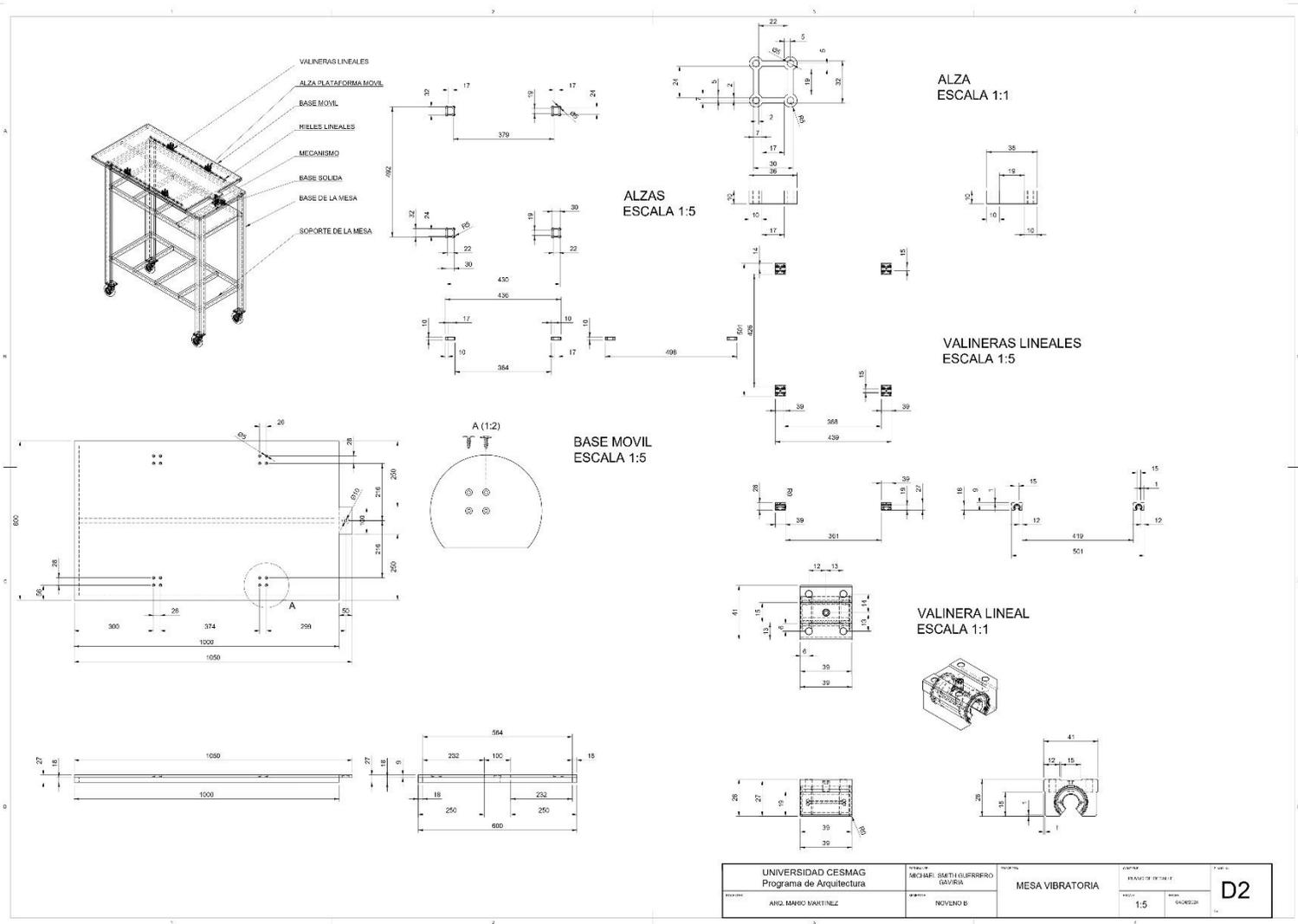
Fuente: Esta investigación.

ANEXO E: Plano de detalles de la mesa 1.



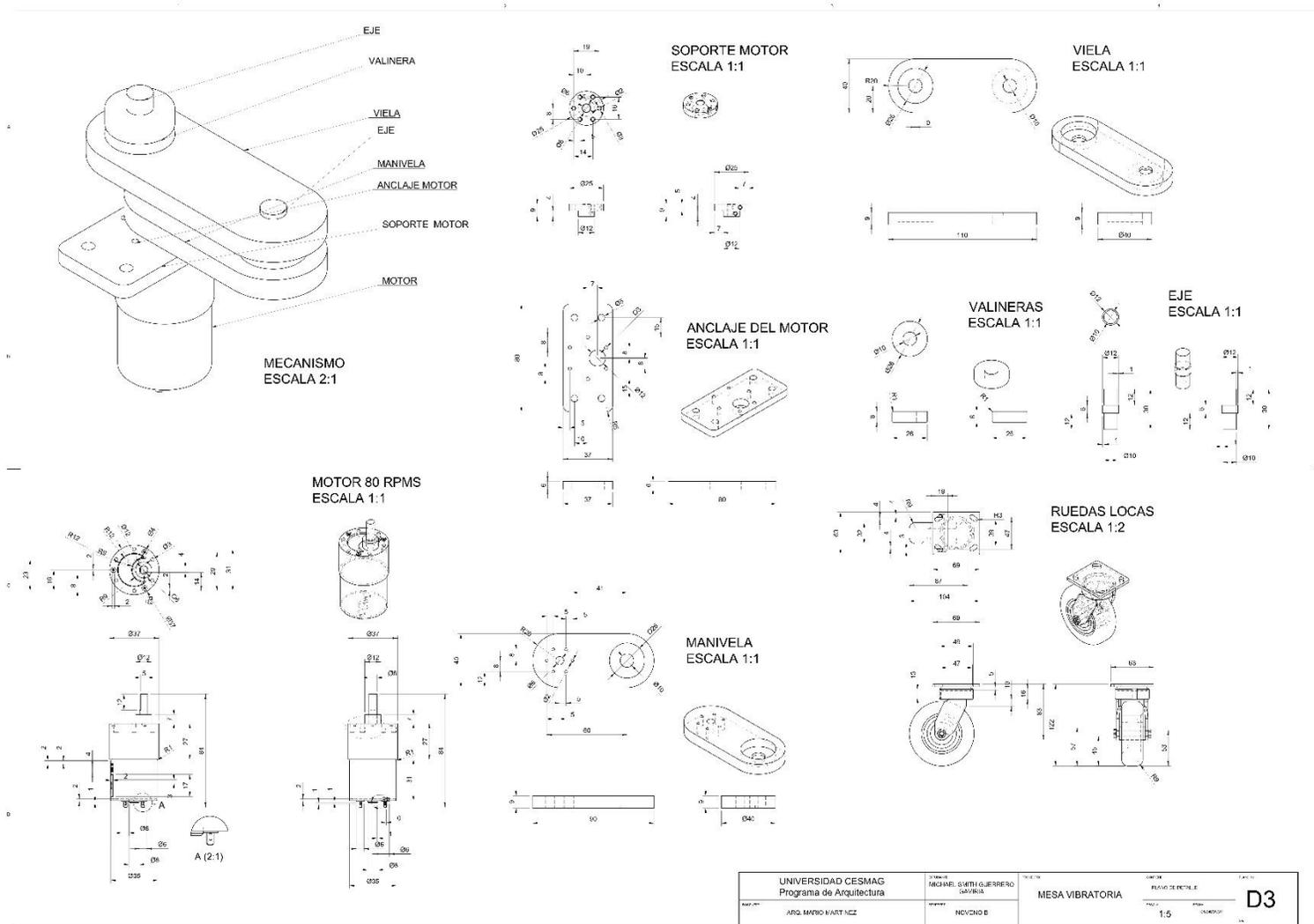
Fuente: Esta investigación.

ANEXO F: Plano de detalle de la mesa 2.



Fuente: Esta investigación.

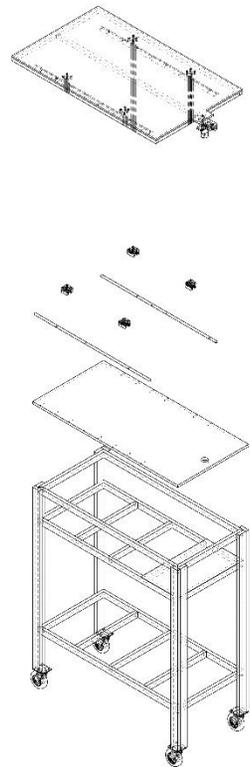
ANEXO G: Plano de detalle de la mesa 3.



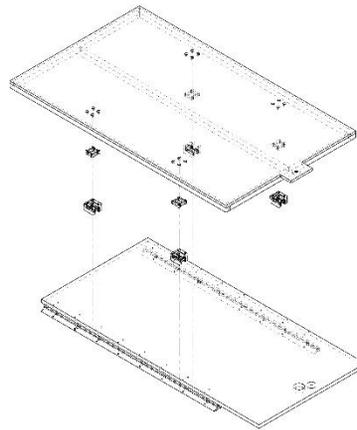
UNIVERSIDAD CESMAG Programa de Arquitectura	ALUMNO: MICHAEL SANTI GUERRERO GARCIA	TÍTULO: MESA VIBRATORIA	FECHA: EJECUTIVO DE PLANOS	ESCALA: 1:5	D3
PROFESOR: ARQ. MARIO KART NEZ	FECHA: NOVIEMBRE				

Fuente: Esta investigación.

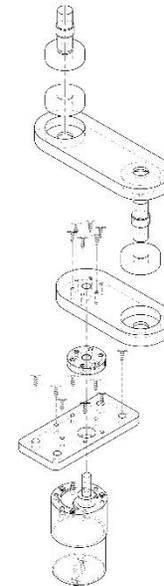
ANEXO H: Plano explosivo de la mesa.



PLANO EXPLOSIVO
VERTICAL
ESCALA 1:7,5



PLANO EXPLOSIVO
BASE MOVIL
VERTICAL
ESCALA 1:1

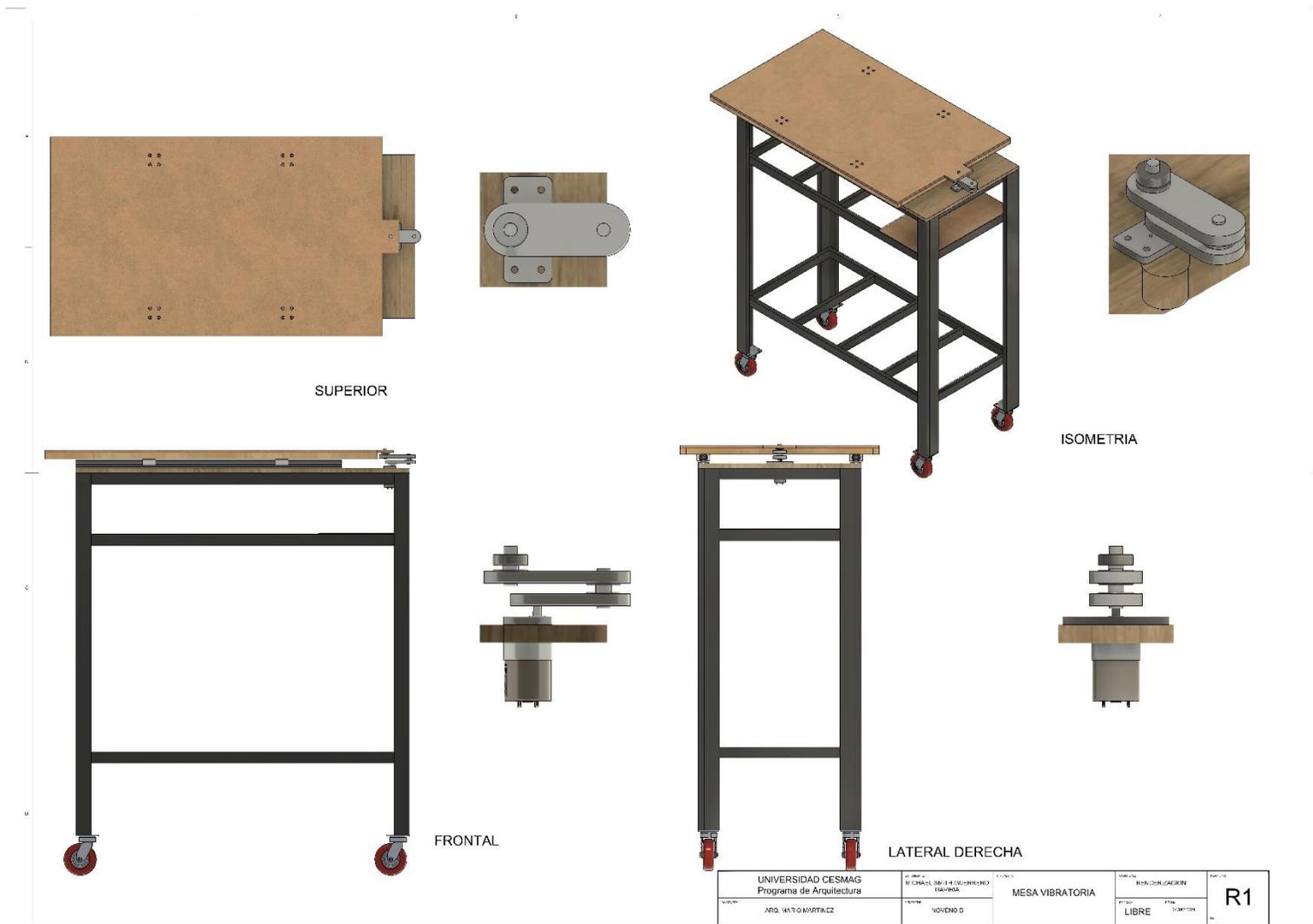


PLANO EXPLOSIVO
MECANISMO
VERTICAL
ESCALA 1:1

UNIVERSIDAD CESMAG Programa de Arquitectura	PROFESOR MICHAEL SMITH GILBERTO USABARRA	TÍTULO MESA VIBRATORIA	PLANO EXPLOSIVO
AUTORES ALDO BALTO MARTINEZ	FECHA NOVIEMBRE	ESCALA 1:5	PÁGINA EX1

Fuente: Esta investigación.

ANEXO I: Plano renderización de la mesa 1.



Fuente: Esta investigación.

ANEXO J: Plano renderización de la mesa 2.



UNIVERSIDAD CESMAG Programa de Arquitectura	ALUMNO: MICHAEL SMITH SUAREZ EAVANGA	TÍTULO: MESA VIBRATORIA	ASIGNATURA: RENDERIZACIÓN	GRUPO: R1
AÑO: 2010 MARTINEZ	FECHA: NOVIEMBRE 3		PROFESOR: DANIELA	

Fuente: Esta investigación.

ANEXO K: Afiche 1 tipo concurso.

CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE MESA VIBRATORIA PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO DE ESTRUCTURAS ARQUITECTÓNICAS A IMPLEMENTARSE EN LA UNIVERSIDAD CESMAG

EL TEXTO DESTACA LA UTILIDAD DE LA MESA VIBRATORIA COMO HERRAMIENTA PARA REALIZAR ESTUDIOS ESTRUCTURALES PREVIOS, PROPORCIONANDO A LOS ESTUDIANTES LA OPORTUNIDAD DE PONER A PRUEBA SU CONOCIMIENTO EN LA COMPRENSIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS ANTE LOS SISMOS, LO QUE MEJORARÁ LA FORMACIÓN ACADÉMICA Y LA FUTURA LABOR PROFESIONAL. LA MESA, DISEÑADA PARA GENERAR VIBRACIONES UNIAIALES Y SIMILAR SISMOS, ABORDA PROBLEMAS COMO LA FATIGA ESTRUCTURAL.

SE CONSTRUYE UNA MESA LIGERA Y FÁCILMENTE TRANSPORTABLE, CON UN MECANISMO DINÁMICO QUE INCLuye REILES Y UN MOTOR VIBRADOR AJUSTABLE, LO QUE FACILITA LA REPRODUCCIÓN DE VIBRACIONES SÍSMICAS Y LA ENSEÑANZA DE ESTRUCTURAS EN EL AULA. SE PRESENTA UN MODELO FUNCIONAL DE LA MESA PARA REALIZAR PRUEBAS CON DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS CREADAS POR LOS ESTUDIANTES, RECOLECTANDO DATOS QUE MEJORARÁN EL ANÁLISIS Y LA EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS. ESTO BENEFICIA TANTO A LOS ALUMNOS COMO A LOS PROFESORES EN EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL Y EN LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS MÁS PRECISOS.

ESTUDIANTE
MICHAEL SMITH GUERRERO

ASESOR
ING. ARMANDO JOSÉ QUIJANO

PROYECTO: IX

AÑO: 2024

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

CONSTRUIR LA MESA VIBRATORIA QUE FUNCIONE COMO MODELO ANALÓGICO PARA LA COMPROBACIÓN EMPÍRICA DE LOS PROYECTOS DE ARQUITECTURA ANTE LA EVENTUALIDAD DE UN SISMO.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ANALIZAR EL FUNCIONAMIENTO DE UNA MESA VIBRATORIA PARA LA COMPROBACIÓN DEL PRIMER PROTOTIPO Y COMPRENDER SU MECANISMO Y FUNCIONAMIENTO DE MANERA MÁS PRECISA.
- CONSTRUIR UN PRIMER PROTOTIPO PARA OBTENER INFORMACIÓN Y EXPERIENCIA PRÁCTICA SOBRE EL MECANISMO Y FUNCIONAMIENTO DE LA MESA VIBRATORIA.
- GENERAR UN SEGUNDO PROTOTIPO DE COMPROBACIÓN CON LAS CORRECCIONES PERTINENTES, BASADAS EN EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PRIMER PROTOTIPO.
- CONSTRUIR EL MODELO FINAL DE MESA VIBRATORIA FUNCIONAL, TENIENDO EN CUENTA LAS MEJORAS REALIZADAS EN LOS PROTOTIPOS ANTERIORES, PARA SU USO EN LA UNIVERSIDAD CESMAG.

JUSTIFICACION

LA RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN EN CURSO, QUE BUSCA CONSTRUIR UN MODELO DE MESA VIBRATORIA PARA ESTUDIAR DETALLADAMENTE EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL ANTE EVENTOS SÍSMICOS PARA ENTENDER LA TECNOLOGÍA DEL EDIFICIO. ESTA HERRAMIENTA PERMITIRÁ IDENTIFICAR FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LAS ESTRUCTURAS, COMPARAR DIFERENTES TIPOS Y MEJORAR LA COMPRENSIÓN DE SU RESISTENCIA. ADEMÁS, SE DESTACA SU UTILIDAD PARA ESTUDIANTES DE ARQUITECTURA, COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA QUE FACILITARÁ EL APRENDIZAJE Y ANÁLISIS EN TIEMPO REAL. SE ESPERA QUE ESTE MODELO CONTRIBUYA A MEJORAR LA SEGURIDAD DE LAS EDIFICACIONES EN ZONAS SÍSMICAS Y PERMITA UNA MAYOR COMPRENSIÓN DE LAS VARIABLES INVOLUCRADAS EN ESTOS EVENTOS.

METODOLOGIA

PARADIGMA.

EL PARADIGMA EN EL CUAL SE BASA LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE ESTE TRABAJO ES EL POSTEPRISMO. EN LA INVESTIGACIÓN, SE CONCENTRA PRINCIPALMENTE EN LA EXPERIMENTACIÓN DE UN MODELO EMPÍRICO EN COMPROBACIÓN CON VIBRACIONES UNIAIALES EN TIEMPO REAL, PARA QUE SE PUEDAN VERIFICAR LA VERACIDAD DE LOS RESULTADOS Y LA FORMACIÓN EMPÍRICA DE LOS PROYECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MESA VIBRATORIA. LA OBSERVACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN CONSERVARÁ EN EL CONTEXTO DE ESTE MODELO DE MESA VIBRATORIA.

ENFOQUE.

EL ENFOQUE DE ESTA INVESTIGACIÓN ES EL ENFOQUE CUANTITATIVO, COMO SE DESEMPEÑAN LOS PROYECTOS, POR LO QUE SE DEBE BASAR EN LA COMPROBACIÓN EMPÍRICA Y NUMÉRICA PARA PROPORCIONAR LOS DATOS COMO UN CONJUNTO DE DATOS QUE SE PUEDAN VERIFICAR EN LA MESA VIBRATORIA. EN TERMINOS CUANTITATIVOS, LOS DATOS SE PUEDEN OBTENER DEL ESTUDIO DEL TIPO DE LAS FRECUENCIAS DE RESONANCIA, LA CAPACIDAD DE CARGA Y LA RESISTENCIA DE LAS ESTRUCTURAS, JUNTO CON LAS RESPECTIVAS FORMAS DE VERIFICACIÓN. ASÍ MISMO, SE REALIZARÁN Y VALIDARÁN EN PRUEBAS DE CARGA, COMO RESULTADO DE LAS PRUEBAS, LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS.

MÉTODOS.

EL MÉTODO QUE SE UTILIZARÁ ES EL MÉTODO CUANTITATIVO, EN EL CUAL SE REALIZA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MESA VIBRATORIA EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN TIEMPO REAL, PARA QUE SE PUEDAN VERIFICAR LOS DATOS EN LA MESA VIBRATORIA. EN TERMINOS CUANTITATIVOS, LOS DATOS SE PUEDEN OBTENER DEL ESTUDIO DEL TIPO DE LAS FRECUENCIAS DE RESONANCIA, LA CAPACIDAD DE CARGA Y LA RESISTENCIA DE LAS ESTRUCTURAS, JUNTO CON LAS RESPECTIVAS FORMAS DE VERIFICACIÓN. ASÍ MISMO, SE REALIZARÁN Y VALIDARÁN EN PRUEBAS DE CARGA, COMO RESULTADO DE LAS PRUEBAS, LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS.

POBLACION.

LA POBLACION QUE SE VA A UTILIZAR EN ESTE OBJETO DE ESTUDIO SE CLASIFICA EN TRES TIPOS DE MENSURAS: MENSURAS VERTICALES, MENSURAS HORIZONTALES Y MENSURAS DE CARGA. EN ESTOS TIPOS DE MENSURAS, SE REALIZARÁN Y VALIDARÁN EN PRUEBAS DE CARGA, COMO RESULTADO DE LAS PRUEBAS, LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS.

MUESTRA.

LA PRINCIPAL CARACTERÍSTICA DE LA MESA VIBRATORIA UNIAIAL ES SU CAPACIDAD PARA REPRODUCIR MOVIMIENTOS UNIAIALES EN EL TIEMPO REAL, PARA QUE SE PUEDAN VERIFICAR LOS DATOS EN LA MESA VIBRATORIA. EN TERMINOS CUANTITATIVOS, LOS DATOS SE PUEDEN OBTENER DEL ESTUDIO DEL TIPO DE LAS FRECUENCIAS DE RESONANCIA, LA CAPACIDAD DE CARGA Y LA RESISTENCIA DE LAS ESTRUCTURAS, JUNTO CON LAS RESPECTIVAS FORMAS DE VERIFICACIÓN. ASÍ MISMO, SE REALIZARÁN Y VALIDARÁN EN PRUEBAS DE CARGA, COMO RESULTADO DE LAS PRUEBAS, LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS.

HIPOTESIS

SE POSTULA QUE A MEDIDA QUE AUMENTA LA MAGNITUD Y LA FRECUENCIA DE LAS VIBRACIONES, Y SE PROLONGA EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN, SE OBSERVARÁN MAYORES DEFORMACIONES Y TENSIONES EN LOS MODELOS, LO QUE INDICARÍA UNA MAYOR VULNERABILIDAD SÍSMICA. POR OTRO LADO, SE ESPERA QUE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL ADECUADAS PERMITA MITIGAR LOS EFECTOS DE LOS SISMOS, DEMOSTRANDO LA IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN SEGÚN ÁREAS PROPENSAS A EVENTOS SÍSMICOS.

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Proyecto: INVESTIGACIÓN APLICADA: CONSTRUCCIÓN MESA VIBRATORIA Contiene: POSTER Semestre

Nombre: MICHAEL SMITH GUERRERO GAVIRIA Docentes: Arq. Mario Germen Maartinez

Código: 120140304 Arq. Juan Carlos Ballega

XI

Fuente: Esta investigación.

ANEXO L: Afiche 2 tipo concurso.

PROCEDIMIENTO

año	mes	día	magnitud
2013	febrero	9	6.9
	febrero	22	2.4
	marzo	14	3.1
	abril	2	2.3
	abril	2	2.7
	julio	26	3.2
2014	octubre	15	3.8
	noviembre	10	3.6
	mayo	14	2.6
2015	junio	9	2.7
	octubre	20	5.7
	septiembre	13	3.6
2016	julio	30	2.7
	septiembre	10	4.1
	septiembre	15	2.3
2017	octubre	10	4.9
	noviembre	1	3.4
	septiembre	5	3.2
2018	enero	29	3.9
	junio	12	4.4
	junio	12	4.9
2019	septiembre	11	4
	diciembre	23	4.1
	noviembre	1	3.6
2020	marzo	2	2.4

EL PRIMER PASO EN ESTA INVESTIGACIÓN CONSISTIÓ EN ORGANIZAR LOS DATOS RECOPIADOS A LO LARGO DE LOS ÚLTIMOS DIEZ AÑOS. EL OBJETIVO PRINCIPAL DE ESTA ORGANIZACIÓN FUE DETERMINAR LA MAGNITUD MÍNIMA REQUERIDA EN LA MESA VIBRATORIA UNIAIXIAL PARA LA CIUDAD DE SAN JUAN DE PASTO PARA LOGRARLO, SE CRIÓ EL SIGUIENTE CUADRO, QUE ESTRUCTURA LA INFORMACIÓN RECOPIADA, ESTA TABLA SERÁ FUNDAMENTAL PARA ORIENTAR MÁS DECISIONES POSTERIORES EN RELACIÓN CON LA MESA VIBRATORIA.

PARA FACILITAR UNA MEJOR COMPRENSIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA, PROCEDE A PRESENTAR ESTOS DATOS EN UNA IMAGEN, QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 1. ESTO PERMITE VISUALIZAR DE MANERA MÁS CLARA Y ACCESIBLE, LAS MAGNITUDES SÍSMICAS Y SU RELEVANCIA EN NUESTRO ANÁLISIS.

ESTUDIANTE
MICHAEL SMITH GUERRERO

ASESOR
ING. ARMANDO JOSE QUIJANO

PROYECTO: IX

AÑO: 2024

PRIMER MECANISMO

PARA INICIAR ESTA INVESTIGACIÓN, EL PRIMER PASO FUE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA MESA A ESCALA 1/5, DISEÑADA PARA COMPRENDER SU FUNCIONAMIENTO, SE UTILIZÓ UNA VARIEDAD DE MATERIALES DE FÁCIL ACCESO, COMO CARTÓN, ACRÍLICO, BALSA Y TAPAS DE GASOSA. EL OBJETIVO PRINCIPAL FUE DESCOMPONER Y ESTUDIAR CADA UNA DE LAS PARTES DEL MECANISMO. A CONTINUACIÓN, SE PRESENTA EL PRIMER AVANCE REALIZADO EN LA MESA VIBRATORIA A ESCALA 1/5.

LAS PRIMERAS COMPOSICIONES Y COMO SE FUE LOGRANDO EL RESULTADO FINAL

MECANISMO DE LA MANIVELA

EL MECANISMO DE BIELA-MANIVELA CONSTA DE DOS PARTES PRINCIPALES, LA BIELA ES UN ELEMENTO QUE PERMANECE CONSTANTE Y NORMALMENTE ESTÁTICO, GIRANDO EN TORNO A UN EJE, PERO MANTENIÉNDOSE INMÓVIL SOBRE SU GIRO. POR OTRO LADO, LA MANIVELA EN LA MESA ES LA QUE PROPORCIONA EL MOVIMIENTO DE AMPLITUD. EN ESTE NUEVO MECANISMO, SE HA FIJADO LA LONGITUD DE LA MANIVELA EN 15 CM DE MANERA CONSTANTE, DADO QUE EN LOS PROTOTIPOS ANTERIORES SE OBSERVÓ QUE ESTA AMPLITUD ES SUFICIENTE PARA ALCANZAR EL DESPLAZAMIENTO MÍNIMO DESEADO, COMO SE MENCIONÓ ANTERIORMENTE.

PRIMER MODELO

EN ESTE PASO SE LOGRÓ CONSTRUIR TODAS LAS PARTES PREVIAMENTE CREADAS, ASÍ COMO LAS SUAVES PIEZAS CON LA AYUDA DE UN TORNOAR EL TORNO DE CUBO QUE SE CRIÓ EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS PARTES PRINCIPALES. CONSIDERAR TODOS LOS PUNTOS CRÍTICOS PARA CREAR LAS PARTES PRINCIPALES CON LOS ESTÁNDARES DE LA OBJETIVIDAD, Y QUE TODOS LOS MATERIALES UTILIZADOS QUE PERMITAN EVALUAR LA FUNCIONALIDAD DE DISEÑO Y LA VIABILIDAD DEL PROYECTO ANTES DE AVANZAR A ETAPAS POSTERIORES.

PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE PASO, EL PRIMER PASO FUE OBSERVAR EN UN PUEBLO (PARTICULARMENTE LATA) UNA VIBRACIÓN CON UN TIPO DE VIBRACIÓN CON UN TIPO DE VIBRACIÓN CON UN TIPO DE VIBRACIÓN. PRESENTAR EN LA PRÓXIMA ETAPA LOS RESULTADOS DE ESTE PASO EN UN PUEBLO CON UN TIPO DE VIBRACIÓN CON UN TIPO DE VIBRACIÓN CON UN TIPO DE VIBRACIÓN.

PRIMEROS PLANOS

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Proyecto: INVESTIGACIÓN APLICADA: CONSTRUCCIÓN MESA VIBRATORIA Contiene: POSTER

Nombre: MICHAEL SMITH GUERRERO GAVIRIA Docentes: Arq. Mario Germán Maartinez

Código: 120403264 Arq. Juan Carlos Gallego

Semestre **XI**

Fuente: Esta investigación.

ANEXO M: Afiche 3 tipo concurso.

MESA FINAL

ESTUDIANTE
MICHAEL SMITH GUERRERO

ASESOR
ING. ARMANDO JOSE QUIJANO

PROYECTO: IX

AÑO: 2024

DIBUJO FINAL MESA

MECANISMO DE LA MANIVELA
EN ESTE APARTADO SE OBSERVA LOS PLANOS MECANICOS DE LA MESA ADEMAS DE CUAL ES EL ME-

FUNCIONAMIENTO
EN EL SIGUIENTE SE SE MUESTRA EL FUNCIONAMIENTO Y A DEMAS PRUEBAS CON DIFERENTES TIPOS DE MAGULAS

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Proyecto: INVESTIGACION APLICADA: CONSTRUCCION MESA VIBRATORIA

Contiene: POSTER

Semestre

ies

Facultad de Ingeniería y Mecánica

Nombre: MICHAEL SMITH GUERRERO GAVIRIA

Código: 200403264

Docentes: Arq. Mario German Maartinez
Arq. Juan Carlos Gallego

XI

Fuente: Esta investigación.

ANEXO N: Certificado de ponencia sobre la investigación realizada.



UNIVERSIDAD
DIOS
CIENCIA Y SERVICIO
CESMAG

Vicerrectoría de Investigaciones
Jefatura de Semilleros de Investigación

Certifica que :

GUERRERO GAVIRIA MICHAEL SMITH

Identificado(a) con documento No. **1004216238**
PARTICIPÓ COMO **PONENTE** EN EL

Segundo Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación

Realizado el 30 y 31 de agosto de 2023
Se firma en San Juan de Pasto

Código de Verificación
fba54a-539f-3783609



Fray Luis Eduardo Rubiano Guáqueta
Fray Luis Eduardo Rubiano Guáqueta, OFMCap.
Rector

PhD(c) Javier Jiménez Toledo
PhD(c) Javier Jiménez Toledo
Vicerrector de Investigaciones

HOMBRES NUEVOS PARA TIEMPOS NUEVOS
Fray Guillermo de Castellana, OFMCap.

• VIGILADA MINEDUCACIÓN

Fuente: Esta investigación.

ANEXO O: QR artículo del investigador.



Fuente: Esta investigación.

ANEXO P: QR de las diapositivas finales.



Fuente: Esta investigación.

 <p>UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MIMEDUCACIÓN</p>	CARTA DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO O TRABAJO DE APLICACIÓN – ASESOR(A)	CÓDIGO: AAC-BL-FR-032
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

San Juan de Pasto, 20 de febrero de 2025

Biblioteca
REMIGIO FIORE FORTEZZA OFM. CAP.
Universidad CESMAG
Pasto

Saludo de paz y bien.

Por medio de la presente se hace entrega del Trabajo de Grado / Trabajo de Aplicación denominado Construcción de un modelo de mesa vibratoria para el análisis del comportamiento estructural de las maquetas arquitectónicas a implementarse en la universidad cesmag, presentado por el (los) autor(es) Michael Smith Guerrero Gaviria, del Programa Académico Arquitectura al correo electrónico biblioteca.trabajosdegrado@unicesmag.edu.co. Manifiesto como asesor(a), que su contenido, resumen, anexos y formato PDF cumple con las especificaciones de calidad, guía de presentación de Trabajos de Grado o de Aplicación, establecidos por la Universidad CESMAG, por lo tanto, se solicita el paz y salvo respectivo.

Atentamente,

Armando José Quijano Vodniza

ARMANDO JOSÉ QUIJANO VODNIZA
C.C.No. 12977985
Programa de Arquitectura
3152133115
jaquijano@unicesmag.edu.co

 UNIVERSIDAD CESMAG <small>NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</small>	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

INFORMACIÓN DEL (LOS) AUTOR(ES)	
Nombres y apellidos del autor: Michael Smith Guerrero Gaviria	Documento de identidad: C.C. No. 1004216238
Correo electrónico: msguerrero.6238@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 301547624
Nombres y apellidos del asesor: Armando José Quijano Vodniza	Documento de identidad: C.C. No. 12977285
Correo electrónico: jaquijano@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3152133115
Título del trabajo de grado: Construcción de un modelo de mesa vibratoria para el análisis del comportamiento estructural de las maquetas arquitectónicas a implementarse en la universidad cesmag.	
Facultad y Programa Académico: Facultad de arquitecturas y bellas artes, programa de arquitectura.	

En mi (nuestra) calidad de autor(es) y/o titular (es) del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, confiero (conferimos) a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento, abarca las siguientes características:

- a) La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que el (los) firmante(s) del presente documento conserve (mos) la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que deje (mos) de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, me (nos) comprometo (comprometemos) a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de mi(nuestra) parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conozco(conocemos) que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.
- b) Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, acepto(amos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.
- c) Acepto (aceptamos) que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renuncio(amos) a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.
- d) Manifiesto (manifestamos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación es original realizado sin violar o usurpar derechos de autor de terceros y que ostento(amos) los derechos patrimoniales de autor

 <p>UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN</p>	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

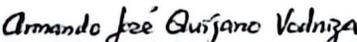
- e) sobre la misma. Por consiguiente, asumo(asumimos) toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo nombre de(los) autor(es) y la fecha de publicación.
- f) Autorizo(autorizamos) a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizo (autorizamos) a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autor(es) garantizo(amos) que he(hemos) cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejo(dejamos) constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizo(autorizamos) la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permiso(permitimos) que mi(nuestro) Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los 20 días del mes de febrero del año 2025

 Firma del autor	
Nombre del autor: Michael Smith Guerrero Gaviria	Nombre del autor:
 Nombre del asesor:	