

# **INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial  
15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

---

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano  
MAESTRÍA EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES



## **Construcción con Madera Masiva. Propuesta para construir vivienda vertical sustentable en Zapopan.**

Trabajo recepcional que para obtener el grado de  
MAESTRO EN PROYECTOS Y EDIFICACIÓN SUSTENTABLES

Presenta: Arq. Christian Hernández Cárdenas

Tutor: Dr. Nayar Cuitláhuac Gutierrez Astudillo

Tlaquepaque, Jalisco, mayo de 2018

## Índice

Índice de Figuras, Tablas y Gráficos.....	5
Glosario de Acrónimos.....	10
Agradecimientos.....	12
Resumen.....	13
1. Introducción.....	14
1.1 Problemática y Justificación.....	16
1.2 Demandas Sectoriales.....	23
1.3 Estado del Arte del Sistema Constructivo de Madera Masiva.....	24
1.3.1 Surgimiento y descripción del sistema constructivo de Madera Masiva.....	24
1.3.2 Diseño estructural y reglamentos de construcción.....	28
1.3.3 Diseño para sismo.....	30
1.3.4 Diseño por resistencia al fuego.....	32
1.3.5 Diseño para durabilidad.....	34
1.3.6 Ejemplos construidos.....	37
1.3.8 Estudios previos sobre madera masiva en América Latina.....	46
1.4 Hipótesis.....	48
1.5 Objetivos.....	48
2. Metodología.....	49
2.1 Cuadro de operacionalización de variables.....	50
3. Viabilidad estructural del sistema constructivo de madera masiva con madera nacional certificada.....	52
3.1 Clasificación por densidad de Pinus spp. proveniente del bosque de San Juan Nuevo, Michoacán.....	53
3.1.1 Metodología.....	53
3.1.2 Descripción de Resultados.....	55
3.1.3 Interpretación de Hallazgos.....	55
3.2 Características mecánicas estructurales de la muestra de madera de Pinus spp. proveniente del bosque del bosque de San Juan Nuevo, Michoacán.....	56
3.2.1 Ensayos de flexión y compresión de acuerdo a la norma ASTM D-143.	56

3.2.1.1 Metodología.....	56
3.2.1.2 Descripción de Resultados.....	57
3.2.1.3 Interpretación de Hallazgos.....	58
3.2.2 Ensayos de compresión para determinar el MOEc con medición independiente del desplazamiento.....	60
3.2.2.1 Metodología.....	60
3.2.2.2 Descripción de Resultados.....	61
3.2.2.3 Interpretación de Hallazgos.....	61
3.2.3 Ensayos de flexión, compresión, tensión y cortante de acuerdo a la norma UNE EN-408.....	62
3.2.3.1 Metodología.....	62
3.2.3.2 Descripción de Resultados.....	65
3.2.3.3 Interpretación de Hallazgos.....	69
3.3 Determinación de los esfuerzos permisibles de diseño estructural para la muestra de madera de Pinus spp. proveniente del bosque de San Juan Nuevo, Michoacán .....	70
3.3.1 Metodología.....	70
3.3.2 Descripción de Resultados.....	75
3.3.3 Interpretación de Hallazgos.....	76
3.4 Proceso de fabricación de los elementos estructurales de madera masiva.....	78
3.4.1 Metodología.....	78
3.4.2 Descripción de Resultados.....	82
3.4.3 Interpretación de Hallazgos.....	83
3.5 Validación de los esfuerzos permisibles.....	83
3.5.1 Metodología.....	83
3.5.2 Descripción de Resultados.....	86
3.5.2.1 Resultados del ensayo a compresión de probetas de muros de madera contralaminada.....	86
3.5.2.2 Resultados del ensayo a compresión de columnas de madera laminada encolada.....	87

3.5.2.3 Resultados del ensayo a flexión de una viga de madera laminada encolada.....	89
3.5.2.4 Resultados del ensayo a flexión de una losa de madera contralaminada y una de madera laminada clavada.....	90
3.5.3 Interpretación de Hallazgos.....	93
3.6 Estimación del costo por m <sup>3</sup> de madera masiva colocada en obra.....	93
3.6.1 Metodología.....	93
3.6.2 Descripción de Resultados.....	95
3.6.3 Interpretación de Hallazgos.....	96
3.7 Modelo de sistema de un edificio de marcos contraventeados de Madera Masiva.....	96
3.7.1 Metodología.....	97
3.7.2 Descripción de Resultados.....	99
3.7.3 Interpretación de Hallazgos.....	106
4. Perspectivas cualitativas y subjetivas de los actores sociales, en torno a la construcción de madera .....	107
4.1 Metodología.....	107
4.2 Descripción de Resultados.....	108
4.3 Interpretación de Hallazgos.....	112
5. Discusión y conclusiones.....	114
6. Fuentes consultadas.....	119
7. Anexos.....	130
7.1 Clasificación por densidades de la muestra de madera.....	131
7.2 Ensayos de compresión de acuerdo a la norma ASTM D-143.....	133
7.3 Ensayos de resistencia a la flexión de acuerdo a la norma ASTM D143.....	136
7.4 Ensayos de compresión para determinar el MOEc con medición independiente del desplazamiento de acuerdo a la norma ASTM D143.....	139
7.5 Ensayos de flexión, compresión, tensión y cortante de acuerdo a la norma EN:408.....	142
7.6 Validación de los esfuerzos permisibles.....	146
7.7 Estimación del costo por m <sup>3</sup> de madera masiva colocada en obra.....	155

7.8 Encuesta sobre la oferta de madera certificada, y la disponibilidad a aceptar el pago por servicios ambientales que beneficien a las comunidades forestales de México.....	161
7.9 Instrumento de la encuesta sobre la oferta de madera certificada, y la disponibilidad a aceptar el pago por servicios ambientales que beneficien a las comunidades forestales de México.....	164
7.10 Encuesta sobre el sistema constructivo de madera masiva y la disponibilidad de los compradores potenciales para pagar por proteger servicios ambientales en las comunidades forestales.....	175
7.11 Instrumento de la encuesta sobre el sistema constructivo de madera masiva y la disponibilidad de los compradores potenciales para pagar por proteger servicios ambientales en las comunidades forestales.....	177