



**“ANTECEDENTES RELEVANTES DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO Y SISMICO DE
EDIFICACIONES EN ALTURA, EN ESTRUCTURAS SOPORTANTE DE MADERA”**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Pablo Rojas Gaete

Profesor guía:
Marcos Espinoza

Marzo 2018.
Santiago, Chile



**“ANTECEDENTES RELEVANTES DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO Y SISMICO DE
EDIFICACIONES EN ALTURA, EN ESTRUCTURAS SOPORTANTE DE MADERA”**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Pablo Rojas Gaete

Profesor guía:
Marcos Espinoza

Diciembre 2018.
Santiago, Chile

Resumen

Se dará a conocer el comportamiento de una edificación en altura estructuralmente en madera, bajo los parámetros que sufre la estructura al fuego y cómo se comporta bajo las cualidades frente a un movimiento sísmico.

Se verá cómo se sitúan y/o afectan las normas sísmicas para poder construir una edificación estructuralmente en madera, como también se verán las normas frente al fuego, sus respectivas protecciones, especialmente para el resguardo de los ocupantes de la edificación.

Se analizará las Normas Chilenas en comparación a normas de países extranjeros, especialmente en países con un fuerte crecimiento de construcciones estructuralmente en madera, para ver así que se tendría que cambiar en la norma chilena para poder edificar en altura.

También se analizará las estadísticas de incendios producidos en Chile, gracias a la ayuda del Cuerpo de bomberos de Chile, en donde se podrá ver la cantidad de planes de emergencia producidos a lo largo de Chile, específicamente incendios en casas, estructuras industriales y otras estructuras, esto en un tiempo específico en la cual se ha estudiado, para llevar la estadística aproximada lo más exacta posible.

Por otra parte, se analizará las causas de incendios más comunes, en casa y edificaciones en altura, para ver así, cual es la mejor solución para poder prevenir un incendio.

Se verá la historia de construcciones de casas estructuralmente en madera en Chile, como así también en el extranjero, a su vez, historia de edificaciones en altura especialmente en el extranjero, en países con un gran potencial ya con gran cantidad de edificios construidos, también proyectos a construirse de edificaciones en altura en Chile.

Se analizará las ventajas que se obtienen al momento de construir en madera, tanto en aspectos medioambientales, como en construcción efectiva, a su vez, se podrán ver las desventajas que se tiene al construir en madera.

Se verá las experiencias que ha habido a lo largo del tiempo, principalmente en países extranjeros, donde ocupan la madera como materia prima para sus construcciones. En Chile se podrá ver las edificaciones que se han ejecutado a lo largo del país, siendo el sur de Chile donde más construcciones se han edificado.

Summary

In this thesis you can understand the performance of a building in height in wood structure, under the parameters of the structure against fire and how it behaves when occurs a seismic movement or earthquake.

Additionally, you can see how are applied and/or affect the seismic normatives for constructing a building in a wood structure, and also the rules related to fire, the corresponding protecting infrastructure, specially for people safety.

Will be carried out a comparison between the Chilean and foreign countries law, especially in countries with a strong growth of wooden structurally constructions, in order to see what changes have to be done to the Chilean law for constructing in height.

Also you can see an statistics analysis of fires in Chile by Chilean Firemen, where you can see emergency plans produced in the whole country, specifically houses fire, industrial structures and other structures, this, in an specific period of time, where the study took place, in order to get the statistics as much accurate as possible.

In this study, also will be analyzed causes of more common fires, in houses and buildings in height, to see, which will be the better solution to prevent a fire.

The study also will review the historical of houses constructed in wood structures in Chile, and in other countries. Also historical of buildings in height especially in foreign countries with a great potential with a big amount of constructed buildings, and projects of buildings in height to be constructed in Chile.

Also, will be analyzed the advantages obtained when it is constructed with wood, including environmental and effective construction aspects. And, on the other hand, also you can see disadvantages appeared in the study when it is constructed with wood.

Finally, you can see the experiences during the history, specifically in foreign countries, where it is utilised wood as raw material for their constructions. In Chile, also will be studied the buildings in the whole country, where the South of Chile is the main zone of the country where exists more buildings constructed with wood.

Índice de contenidos

1. Introducción.....	7
2. Objetivos.....	8
2.1. Objetivos Generales.....	8
2.2. Objetivos Específicos.....	8
3. Metodología.....	9
4. Desarrollo.....	9
5. Sismo y Fuego.....	10
5.1. Antecedentes en Chile.....	10
5.2. Estadísticas emergencias de incendios y sismos.....	12
6. Edificaciones estructurales en madera hasta 2 pisos.....	20
6.1. Historia en el extranjero.....	20
6.2. Historia en Chile.....	22
6.3. Proyectos en Chile y en el extranjero.....	27
6.4. Ventajas y desventajas.....	34
7. Edificar en altura en Chile y en el extranjero, estructuralmente en madera.....	37
7.1. Historia en Chile.....	37
7.2. Historia en el extranjero.....	38
7.3. Ventajas y desventajas.....	39
7.4. Experiencias y proyectos en el extranjero.....	41
7.5. Experiencias y proyectos en Chile.....	47
8. Normas de sismo e incendio para edificación en altura estructuralmente en madera en Chile y extranjero.....	50

8.1. Normas en Chile.....	50
8.2. Posible modificación de normas en Chile.....	54
9. Beneficios edificaciones en altura estructuralmente en madera.....	55
10. Conclusiones.....	56
11. Referencias bibliográficas.....	57

SOLO USO ACADÉMICO

1. Introducción

La presente memoria busca dar a conocer el comportamiento de una edificación en altura estructuralmente en madera, basada en hechos ocurridos en el extranjero como en Chile, bajo los aspectos de cómo actúa y cómo reacciona la estructura frente a una reacción exotérmica como lo es el fuego, como también se podrá analizar cómo actúa frente a un fenómeno natural como lo es el de un movimiento brusco de la corteza terrestre denominado sismo.

Se mostrará, proyectos ejecutados en el extranjero ya sean casas, como también edificios construidos con madera. En Chile se verá las casas construidas y los proyectos de edificios ejecutados y próximos a efectuarse.

Se dará a conocer las estadísticas de sismos e incendios producidos en Chile en un rango de tiempo prolongado.

Se analizará e informará como actúa una edificación, respecto de sus cualidades de materialidad, bajo el movimiento sísmico y frente a un incendio, como trabaja la estructura, y se podrá ver las grandes ventajas y desventajas que se tiene al construir una edificación en altura con madera.

Se analizará como rigen las normas frente a un sismo e incendio, las prevenciones las cuales hay que tomar, para permitir un vivir seguro, y también, al momento de una eventual emergencia, la seguridad para los habitantes de ciertas edificaciones. A su vez, se analizarán, los posibles cambios a efectuarse en las normas, con el fin de poder construir un edificio en madera en Chile.

Se informará y confirmará que un edificio estructural en madera, es una estructura totalmente confiable en todo sentido para el vivir del día a día, con seguridad, se dará a conocer que, bajo las ventajas de este material, la población podrá confiar totalmente al momento de decidir vivir en un edificio de estructura de madera.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

2.1.1 Dar a conocer antecedentes relevantes de comportamiento al fuego y sísmico de edificaciones en altura, en estructura soportante de madera.

2.2. Objetivo Especifico

2.2.1. Se dará a conocer los comportamientos de la madera mediante un sismo y un incendio en una edificación en altura

2.2.2. Se dará a conocer la historia que ha tenido Chile y países extranjeros en la construcción de edificaciones estructuralmente en madera.

2.2.3. Se dará a conocer como está basada la norma actualmente frente a un sismo y resistencias al fuego de una edificación en altura estructuralmente en madera.

2.2.4. Se analizará y se llevará a cabo que cambio debe enfrentar la norma para construir una edificación en altura estructuralmente en madera.

SOLO USO ACADÉMICO

3. Metodología

La principal función de esta memoria es dar a conocer a la gente la importancia de comportamiento al fuego y sismo de una edificación en altura estructural en madera, para esto se ha ideado un plan de investigación el cual consta de hacer un exhaustivo y minucioso trabajo de recopilación de información, tanto en la Web como en libros.

4. Desarrollo

Para realizar el cumplimiento de los objetivos específicos se hizo una investigación, donde la fuente principal será la Web, la cual consto en visitar diferentes sitios de Internet (detallados en la bibliografía) con la intención de encontrar la materia e información necesaria para que el lector tenga pleno conocimiento del tema el cual se trató en la memoria; antecedentes relevantes de comportamiento al fuego y sísmico de edificaciones en altura, en estructuras soportante de madera.

SOLO USO ACADÉMICO

5. Sismo y Fuego

5.1. Antecedentes en Chile

Sismo

Chile es uno de los países que más tiende a tener sismos, esto porque está ubicado justo al límite de la placa de nazca y la placa sudamericana, produciendo choques entre ellas, alterando y generando el movimiento del suelo. La fricción de estas placas hace que Chile sea uno de los países con más sismos en el mundo. A su vez Chile está ubicado en el cinturón del fuego del pacífico, eso hace que sea un país sísmico debido a que concentra una zona de subducción, esto se refiere a que una placa empuja por debajo a otra placa.

Los terremotos han sido una constante en la historia de Chile, en donde ha habido un sinnúmero de sismos a lo largo del país. Se ha demostrado que todos los días hay movimientos de la tierra, en donde hay sismos que no se sienten en la tierra en donde el ser humano transita, pero si en las profundidades existe movimientos constantes en la cual las placas se van acomodando.

En promedio cada 10 o 15 años hay un terremoto en Chile, terremoto en la cual es de gran envergadura, en donde algunas construcciones han sufrido daños estructuralmente.

Antes del terremoto del año 2010, había un total de 13 proyectos aproximadamente que adoptaron un tipo de aislador térmico y disipador de energía, la cual trata de absorber la energía y luego disipar esta energía. Hoy en día hay más de 100 proyectos que cuentan con esta tecnología.

Además, después del año 2010 cambio la norma siendo mucho más rigurosa en temas del cuidado frente a sismos, en donde estructuras de hormigón armado, se ve que están completamente de fierro, en las cuales las distancias ubicadas entre ellas son aún más cortas.

La norma chilena bajo requerimientos y obligaciones que pide es bastante exigente, a su vez, se respeta y se cumple en totalidad, en donde siempre se está viendo y analizando si se hace algún cambio a favor de esta, para seguir teniendo las precauciones y así no tener ningún hecho inesperado. Uno de las principales obligaciones es la del análisis del suelo, fundaciones, cálculos estructurales, etc.

Chile se encuentra siempre expuesto a este tipo de fenómenos naturales, en las cuales se ha estudiado y se ha comprobado distintos métodos para el cuidado en casi su totalidad en las construcciones, con el fin de que la estructura no sufra fatiga y pueda resistir a un

terremoto sin problema alguno, y así no sufrir ningún problema durante toda la vida útil de la construcción.

¹Recuperado de: http://www.csn.uchile.cl/wp-content/uploads/2014/06/001_terremotos_y_sismicidad_chile.pdf

²Recuperado de: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/09/150917_terremoto_chile_porque_lp

Fuego

Siempre la acción de riesgo frente a un incendio depende en la mayoría por el ser humano, en las cuales, el ser humano es de quien depende el tener en buenas condiciones todos los elementos que obtenga en su propiedad. Los incendios generalmente son ocasionados por fallas de material, descuido en su totalidad en el uso del fuego o simplemente por la nula o baja mantención en sistemas de gas, quien lo obtenga, o también sistemas eléctricos, que este último, es quien genera los mayores problemas ocasionando los incendios.

Los daños estructurales son quienes corresponde a edificios, casas, supermercados, farmacias, locales comerciales en general, etc. Es sumamente importante tener el cuidado, ya sea, porque ha habido accidentes fatales provocados por un incendio, y edificaciones que se han perdido por completo.

Un incendio en cuestión de segundos puede devorar la estructura completa, para esto hay distintos tipos de cuidados en la cual se tiene que tener en cuenta y estar informado para no sufrir ningún tipo de incendio.

Hoy en día el uso de la calefacción es uno de los principales motivos de incendios en una edificación, para esto una de las mejores prevenciones es instalar un equipo de detección de incendio, esto ya sea detectores de temperatura o detectores de humo, en las cuales son de gran ayuda para evitar un incendio, así con este, se tiene también un equipo de dispensador de agua en conjunto con los detectores de humo o temperatura y así apagar el fuego de inmediato.

En la materialidad de las edificaciones, todas son expuestas al fuego y ninguna se salva de quemarse en su totalidad. Hay materiales en las cuales retardan que el fuego penetre, pero ya al momento de iniciarse, es imprescindible que este se apague, por ende, los materiales son de ayuda para que la gente pueda evacuar sin sufrir ninguna catástrofe.

El triángulo del fuego está compuesto por oxígeno, calor y combustión., si no hay de alguno de estos, no se genera el fuego. En la madera, cuando una sección de la estructura es de gran envergadura, esta con un tipo aditivo produce que la estructura se queme por fuera, provocando la carbonización de esta, así la estructura queda sin oxígeno y el

fuego lentamente se apaga, dejando la estructura en buenas condiciones en el interior y es solo la superficie quemada.

³Recuperado de: <https://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcessp/spfshseblgfire.pdf>

⁴Recuperado de: <http://www.onemi.cl/incendios-estructurales/>

⁵Recuperado de: <https://www.arqhys.com/construcciones/prevencion-incendios-casas.html>

5.2. Estadísticas emergencias de incendios y sismos

Estadísticas sismos

En la historia de Chile ha habido gran cantidad de sismos, pero en donde mayores catástrofes ha sufrido han sido por los terremotos. A continuación, se podrá ver una estadística realizada por el centro sismológico nacional de la Universidad de Chile, desde el año 1570 al año 2016, en donde se podrá ver todos los terremotos de magnitud Ms mayores e iguales a 7.0

Fecha local	Hora local	Latitud	Longitud	Magnitud Ms
08/02/1570	9:00	-36.800	-73.000	8.3
17/03/1575	10:00	-33.400	-70.600	7.3
16/12/1575	14:30	-39.800	-73.200	8.5
24/11/1604	12:30	-18.500	-70.400	8.5
16/09/1615	23:30	-18.500	-70.350	8.8
13/05/1647	22:30	-35.000	-72.000	8.5
15/03/1657	19:30	-36.830	-73.030	8.0
10/03/1681	-	-18.500	-70.350	7.3
12/07/1687	2:00	-32.750	-70.730	7.3
08/07/1730	4:45	-33.050	-71.630	8.7
24/12/1737	-	-39.800	-73.200	7.7

Fecha local	Hora local	Latitud	Longitud	Magnitud Ms
25/05/1751	1:00	-36.830	-73.030	8.5
30/03/1796	6:45	-27.350	-70.350	7.7
11/04/1819	10:00	-27.350	-70.350	8.3
19/11/1822	22:30	-33.050	-71.630	8.5
26/09/1829	14:00	-33.050	-71.630	7.0
08/10/1831	6:00	-18.500	-71.000	7.8
18/09/1833	5:45	-18.500	-70.400	7.7
20/02/1835	11:30	-36.830	-73.030	8.5
07/11/1837	8:00	-39.800	-73.200	8.0
08/10/1847	11:30	-31.610	-71.180	7.3
17/12/1849	6:00	-29.950	-71.370	7.5
06/12/1850	6:52	-33.810	-70.220	7.3
02/04/1851	6:48	-33.320	-71.420	7.1
05/10/1859	8:00	-27.350	-70.350	7.6
13/08/1868	16:45	-18.500	-70.350	8.5
24/08/1869	13:30	-19.600	-70.230	7.5
05/10/1871	5:00	-20.200	-70.170	7.3
09/05/1877	21:16	-19.600	-70.230	8.5
23/01/1878	8:00	-20,000	-70,300	7.9
02/02/1879	6:30	-53.000	-70.670	7.3
15/08/1880	8:48	-31.620	-71.180	7.7
16/08/1906	19:48	-33.000	-72.000	7.9

Fecha local	Hora local	Latitud	Longitud	Magnitud Ms
08/06/1909	1:00	-26.500	-70.500	7.6
04/10/1910	19:00	-22.000	-69.000	7.3
15/09/1911	8:10	-20.000	-72.000	7.3
29/01/1914	23:30	-35.000	-73.000	8.2
14/02/1917	20:48	-30.000	-73.000	7.0
20/05/1918	12:57	-28.500	-71.500	7.9
04/12/1918	7:47	-26.000	-71.000	8.2
01/03/1919	23:37	-41.000	-73.500	7.2
02/03/1919	7:45	-41.000	-73.500	7.3
10/12/1920	0:25	-39.000	-73.000	7.4
07/11/1922	19:00	-28.000	-72.000	7.0
10/11/1922	23:53	-28.500	-70.000	8.39
04/05/1923	17:47	-28.750	-71.750	7.0
15/05/1925	7:18	-26.000	-71.500	7.1
28/04/1926	7:13	-24.000	-69.000	7.0
21/11/1927	19:17	-44.500	-73.000	7.1
20/11/1928	16:35	-22.500	-70.500	7.1
01/12/1928	0:06	-35,000	-72,000	8.3
19/10/1929	16:18	-23.000	-69.000	7.5
18/03/1931	4:02	-32.500	-72.000	7.1
23/02/1933	4:09	-20.000	-71.000	7.6
01/03/1936	17:45	-40.000	-72.500	7.1

Fecha local	Hora local	Latitud	Longitud	Magnitud Ms
13/07/1936	7:12	-24.500	-70.000	7.3
24/01/1939	23:32	-36.200	-72.200	8.3
18/04/1939	2:22	-27.000	-70.500	7.4 -
11/10/1940	14:41	-41.500	-74.500	7.0 -
08/07/1942	1:55	-24.000	-70.000	7.0 -
14/03/1943	14:37	-20.000	-69.500	7.2 -
06/04/1943	12:07	-30.750	-72.000	8.3 8.2
01/12/1943	6:34	-21.000	-69.000	7.0 -
13/09/1945	7:17	-33.250	-70.500	7.1 -
02/08/1946	15:19	-26.500	-70.500	7,9 -
19/04/1949	23:29	-38.000	-73.500	7.3 -
25/04/1949	9:54	-19.750	-69.000	7.3 -
29/05/1949	21:32	-22.000	-69.000	7.0 -
17/12/1949	2:53	-54.000	-71.000	7.8 -
17/12/1949	11:07	-54.000	-71.000	7.8 -
29/01/1950	20:56	-53.500	-71.500	7.0 -
09/12/1950	17:38	-23.500	-67.500	8,3 -
06/05/1953	13:16	-36.500	-72.600	7,6 -
06/12/1953	22:05	-22.100	-68.700	7.4 -
08/02/1954	-	-29,000	-70,500	7,7 -
19/04/1955	16:24	-30.000	-72.000	7.1 -
08/01/1956	16:54	-19.000	-70.000	7.1 -

Fecha local	Hora local	Latitud	Longitud	Magnitud Ms
17/12/1956	22:31	-25.500	-68.500	7.0 -
29/07/1957	13:15	-23.500	-71.500	7.0 -
13/06/1959	20:12	-20.420	-69.000	7.5 -
21/05/1960	6:02	-37.500	-73.500	7.3 -
22/05/1960	6:32	-37.500	-73.000	7.3 -
22/05/1960	15:11	-39.500	-74.500	8.5 9.5
19/06/1960	22:01	-38.000	-73.500	7.3 -
01/11/1960	4:45	-38.500	-75.100	7.4 -
13/07/1961	17:19	-41.700	-75.200	7.0 -
14/02/1962	2:36	-37.800	-72.500	7.3 -
03/08/1962	4:56	-23.300	-68.100	7.1 -
23/02/1965	18:11	-25.670	-70.630	7.0 -
28/03/1965	12:33	-32.418	-71.100	7.4 -
28/12/1966	4:18	-25.510	-70.740	7.8 -
13/03/1967	12:06	-40.120	-74.680	7.3 -
21/12/1967	22:25	-21.80	-70.00	7.5 -
17/06/1971	17:00	-25.402	-69.058	7.0 -
08/07/1971	23:03	-32.511	-71.207	7.5 -
18/08/1974	6:44	-38.453	-73.431	7.1 -
10/05/1975	10:27	-38.183	-73.232	7.7 -
29/11/1976	21:40	-20.520	-68.919	7.3 -
03/08/1979	14:11	-26.518	-70.664	7.0 -

Fecha local	Hora local	Latitud	Longitud	Magnitud Ms
16/10/1981	0:25	-33.134	-73.074	7.5 -
04/10/1983	14:52	-26.535	-70.563	7.3 -
03/03/1985	19:46	-33.240	-71.850	7.8 8.0
08/04/1985	21:56	-34.131	-71.618	7.5 -
05/03/1987	6:17	-24.388	-70.161	7.3 -
08/08/1987	11:48	-19.000	-70.000	7.1 -
30/07/1995	1:11	-23.360	-70.310	7.3 8.0
14/10/1997	22:03	-30.773	-71.315	- 7.1
13/06/2005	18:44	-19.895	-69.125	7.8 7.8
14/11/2007	12:40	-22.314	-70.078	7.5 7.7
27/02/2010	03:34	-36.290	-73.239	- 8.8
01/04/2014	20:46	-19-572	-70.908	- 8.2
16/09/2015	19:54	-31.553	-71.864	- 8.4
25/12/2016	11:22	-43.517	-74.391	- 7.6

⁶Recuperado por: <http://www.csn.uchile.cl/sismologia/grandes-terremotos-en-chile/>

Según la siguiente estadística, ha habido más de 113 terremotos en el periodo del año 1570 al año 2016, en donde ha habido terremotos de escala superiores a los 9 Ms, generando catástrofes trascendentales y fatales dentro de ellas.

Los 10 terremotos más fuertes ocurridos en Chile

Lugar	Año	Magnitud
Valdivia	1960	9,5
Arica	1868	9,0
Cobquecura	2010	8,8
Valparaíso	1730	8,7
Vallenar	1922	8,5
Canela Baja	2015	8,4
Tarapacá	1877	8,3
Valparaíso	1906	8,2
Illapel	1943	8,2
Arica e Iquique	2014	8,2

Los 10 terremotos más fuertes ocurridos en el mundo desde el año 1900

Lugar	Año	Magnitud
Valdivia (Chile)	1960	9,5
Alaska (EE.UU.)	1964	9,2
Sumatra (Indonesia)	2004	9,1
Norte de Japón	2011	9,0
Este de Rusia	1952	9,0
Chile	2010	8,8
Ecuador	1906	8,8
Alaska (EE.UU.)	1965	8,7
Sumatra (Indonesia)	2012	8,6
Indonesia	2005	8,6

⁷Recuperado por: <http://www.t13.cl/noticia/nacional/estos-son-10-terremotos-mas-fuertes-ocurridos-chile-y-mundo>

Según las siguientes estadísticas, está demostrado la gran envergadura de terremotos ocurridos en Chile, teniendo 10 terremotos sobre los 8 grados según la escala de Richter, algunos con daños sobrenaturales, teniendo muertes, gran número de personas con daños cruciales, edificaciones destruidas en su totalidad, perdidas de autos, etc.

También se puede analizar que, en el año 1960 en la ciudad de Valdivia, el terremoto más grande de la historia de Chile y del mundo, llegando a una magnitud de 9.5 Richter, denominado como el gran terremoto de Chile.

Sin duda un numero inigualable e incomparable que algún fenómeno allá producido, con esto trajo consecuencias como maremotos, además de la erupción del volcán de Puyehue, se estimó que esta catástrofe sufrió daños fatales para personas en un total de 1655 a 2200 y más de 2 millones de personas con daños.

Estadísticas de incendios

Un incendio estructural se refiere a todo tipo de incendio que corresponde a casas, edificios, supermercados, locales comerciales, farmacias, etc. Según la estadística del cuerpo de bombero, la mayor frecuencia de incendios llamados y detectados a lo largo de Chile, en el acto de servicio, fue por llamados estructurales, esto quiere decir que se generaron gran porcentaje de incendios ocurridos en distintos tipos de edificaciones, lo que genera que eventualmente, ocurren daños tantos provocados por el hombre o daños ocasionados por fallas de material, ya sean eléctricos, gas, entre otros.

Tiempo atrás, la mayoría de los incendios eran por causa de cableado eléctrico en malas condiciones, o también efecto del gas propano. Hoy en día con el avanzar de las tecnologías, el cuidado de los cables y el gas propano se ha ido mejorando, pero en el último tiempo se agregó la causa de sistemas de calefacción, en donde ha generado y puede seguir generando incendios si no se tiene un control adecuado.

A continuación, se podrá ver una estadística, de los llamados al cuerpo de bomberos de Santiago más recurrente en actos de servicios.

Estadísticas Cuerpo de bomberos		
Año	Actos de Servicios	Total
2011	Llamado Estructural	13012
2012	Llamado Estructural	14924
2013	Llamado Estructural	14944
2014	Llamado Estructural	15203
2015	Llamado Estructural	12666
2016	Llamado Estructural	12811

Esta estadística muestra los llamados de servicios al cuerpo de bombero por incendios estructurales en una fecha del año 2011 al 2016, en donde se divide por cada comuna de todas las ciudades de Chile.

Se puede analizar que son miles los llamados que recibe el cuerpo de bomberos por un incendio en edificaciones, en la cual, efectivamente ha ido disminuyendo en los últimos años en comparación al año 2014, en donde este último fue el año con mayores llamados de incendios a edificaciones efectivos. Las prevenciones que se ha tomado en todas las personas ha aumentado y eso se ha demostrado en las estadísticas de llamados estructurales.

6. Edificaciones estructurales en madera hasta 2 pisos

6.1. Historia en el extranjero

Las primeras construcciones se realizaron con la materialidad de la madera, en donde en la antigüedad hay una probabilidad de que el hombre buscaban refugios en base a ramas y hojas de los arboles existentes, en donde era lo primero que hacían para cuidarse de lluvias, sol, vientos, entre otros.

A medida que el tiempo transcurría el hombre empezó a crear herramientas de distinto tipo, y empezó a facilitar la construcción de sus refugios y a innovar en ellos. Se empezaron a crear distintos tipos de pueblos que hasta el día de hoy se han conservado y se encuentran en su plenitud, con algunas modificaciones para su uso.

En el siglo 1 A.C en la civilización romana, bajo el reinado por Cesar Augusto, se implementó el primer tratado en base a la construcción.

“Marco Viturbio, arquitecto e ingeniero romano, escribió un tratado sobre la arquitectura y las técnicas de construcción en Roma titulado “De Architectura”, según este libro, la arquitectura descansa en tres principios: La belleza, la firmeza y la utilidad, que es la función de la arquitectura. La obra de Marco Viturbio, recopila las primeras descripciones sobre la composición, cualidades y usos de la madera”

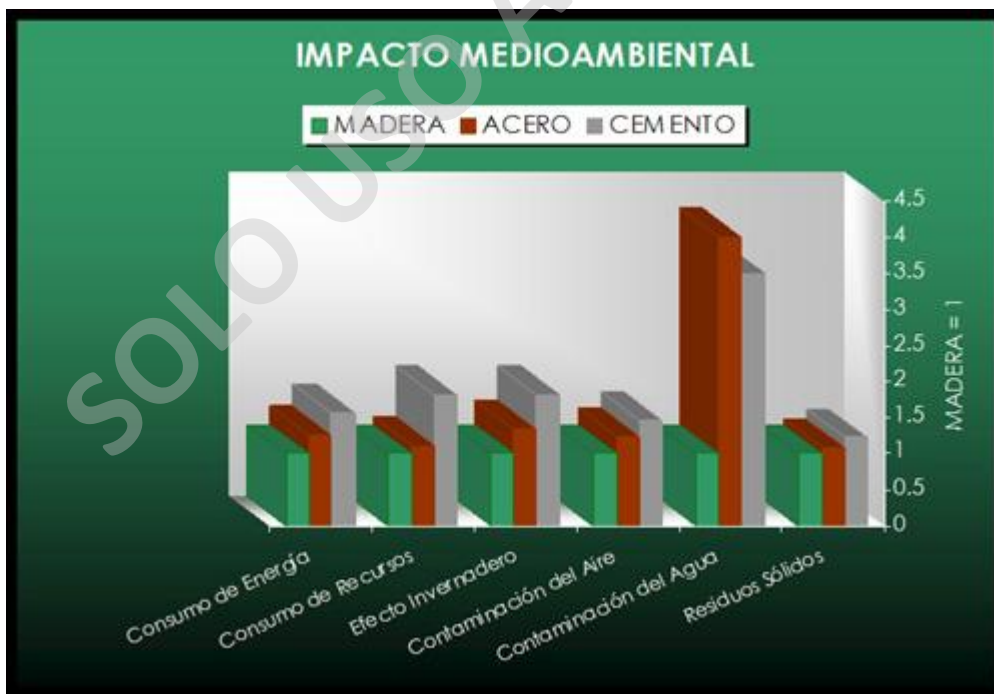
⁸Recuperado por: <https://es.scribd.com/doc/86973140/HISTORIA-de-LA-MADERA-Materiales-de-Construccion>

Se puede analizar, que a medida que transcurría el tiempo el ser humano empezó avanzar en conocimientos al llegar al punto de crear cierto tratado en las cuales habla de las cualidades y el cómo construir con la materialidad de la madera. En donde fue en primera instancia, un elemento primario al momento de construir.

Con el pasar del tiempo, hubo muchos problemas respecto de la madera, específicamente constantes incendios a causa de que la madera la empezaron a ocupar para leña y generaba incendio considerablemente, en las cuales, de a poco empezó a quedar de lado, dejando como prioridad a construir en estructuras de piedras principalmente.

A finales del siglo XX se empezó a preocupar considerablemente del medio ambiente a nivel mundial, en donde el árbol, la madera, actúa de forma positiva y respetuosamente con el medio ambiente. Por ello empezó a tomar fuerza nuevamente, el tiempo había transcurrido y las tecnologías estaban bastante avanzadas en donde se empezó a preocupar y a corregir errores para la construcción respectiva.

“El Instituto de Materiales Sostenibles ATHENA, realizó un estudio en el que comparaba la construcción de una misma vivienda unifamiliar, pero con tres materiales distintos: cemento, acero y madera, y en el que se evaluaba 6 parámetros medioambientales que definen la sostenibilidad de los tres métodos constructivos: cómo se obtienen y se transforman las materias primas utilizadas, el proceso constructivo de la vivienda, y el consumo de recursos durante los 20 primeros años. El siguiente gráfico muestra los resultados obtenidos:”



Fuente imagen: deltados

⁹Recuperado de: <http://www.certificadosenergeticos.com/como-construir-viviendas-sostenible-utilizando-madera>

En este estudio se puede analizar el impacto que producen en el medio ambiente, tres distintos tipos de construcción, madera, hormigón y acero, en donde se obtiene que al construir en madera el consumo energético, consumo de recursos, efecto invernadero, contaminaciones de aire y agua, residuos sólidos, son mucho menores los daños que provoca hacia al medio ambiente, además de ser un material natural y renovable.

La madera en países extranjeros sigue siendo un material trascendental, primario para las construcciones en madera, principalmente en países como Canadá, Japón, Alemania, Francia, Finlandia, Estados Unidos, estos últimos Canadá y Finlandia son uno de los países con más fuerza al momento de construir sus casas en madera, teniendo un porcentaje mayor al 90% construido.

6.2. Historia en Chile

A lo largo del tiempo en Chile, son pocas las personas que optan por tener una casa estructuralmente en madera, por desconfianza y poco conocimiento de las propiedades que puede tener la madera. La mayoría de las personas, prefiere tener una casa de albañilería o de hormigón armado, y se deja una casa de madera para vacaciones o una cabaña para el verano, esto por el bajo costo y el poco uso que se le daría a la propiedad.

En Chile se han construido casas de madera, más que todo, por el bajo costo que genera hacerlas y la rapidez en la cual se obtienen terminadas.

A lo largo de Chile se han construido gran cantidad de casa en madera, principalmente en el sur del país, en donde tenemos más productividad de madera. Pero, aun así, es poca la gente que tiene su casa propia construida con madera, la gente que invierte en una casa en madera, generalmente es por lo informada que se encuentra y se han dado cuenta que la madera puede trabajar eficaz y eficientemente.

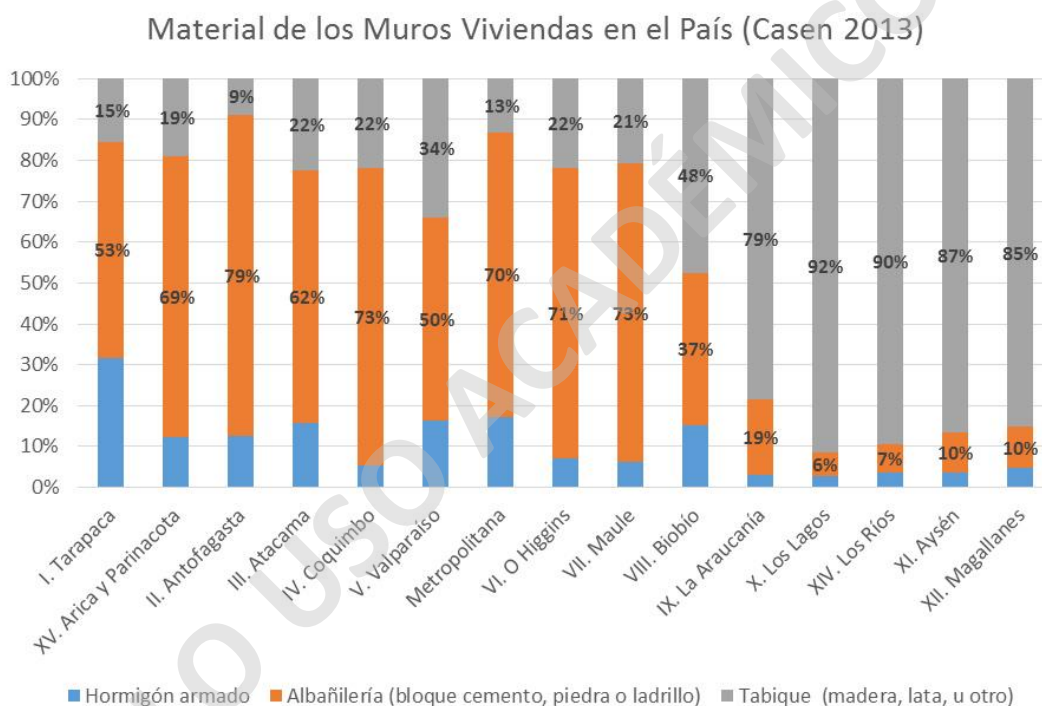
En Chile es cada vez más la cantidad de producir madera, pero aun así es poca la materia que se ocupa para la productividad en Chile, la mayoría de lo que se produce, se exporta a países extranjeros, teniendo más del 80% de lo que se produce a exportación y solo el 20% se ocupa para trabajarlo en Chile.

En Chile uno de los principales sustentos que tiene, es la madera junto con el cobre, pero aun así es mucha la cantidad de exportación de madera, en donde se debiera aprovechar

¹⁰Recuperado de: <https://www.emol.com/noticias/Economia/2018/01/11/890741/Mas-alla-del-cobre-Conoce-los-productos-que-mas-exporta-Chile.html>

¹¹<https://www.df.cl/noticias/economia-y-politica/actualidad/chile-potenciara-exportacion-de-madera-en-feria-internacional/2017-01-04/210117.html>

para su uso y perfectamente se puede ocupar como materia prima para la construcción de edificaciones.



¹²Recuperado de: http://www.madera21.cl/?page_id=2757

JMS y CRULAMM son actualmente, si no los únicos, sí al menos los primeros en introducir esta nueva tecnología en el país. Comenzaron en 2011, con una vivienda residencial en San Pedro de la Paz de 120 metros cuadrados y dos pisos de altura. Fue un proyecto Fondef dirigido por el arquitecto Ricardo Hempel de la Universidad del Bío Bío que terminó de construirse en 2013 y que dio como resultado la primera vivienda pasiva de Chile, es decir, una casa con un consumo energético mínimo y un confort interior inigualable.

En este estudio se pudo llevar a cabo el resultado positivo de que, construir en madera genera un consumo energético y un confort para los ocupantes. Se respetó las normas actualmente vigentes, y se dio a conocer los resultados excelentes en la cual tienen como propiedad la madera.

Luego, en 2015, vino otra residencia particular en la comuna de San Bernardo, con 180 metros cuadrados y tres pisos de altura, también en CLT. Y el año pasado se realizó la

Ampliación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Bío Bío que utilizó madera contralaminada para las losas entre el primer y segundo piso. Lo mismo se está haciendo actualmente con el edificio corporativo de CMPC en la ciudad de Los Ángeles.

Y ahora, con los jardines infantiles, se está dando un paso más para acortar las brechas entre Chile y Europa respecto del uso intensivo de CLT. “Pero también nos falta invertir en industrialización. Eso es clave, pues el CLT, a diferencia de otros sistemas constructivos, obliga a la industrialización; no es posible llevar las tablas y tratar de hacer el panel en obra”, dice enfático Calderón. “Esa es la ventaja de este sistema constructivo, que es muy preciso; se debe trabajar la edificación en CLT con la precisión de un mueble. Estamos hablando de milímetros de tolerancia, no de centímetros. Nada de ajustar en obra”

¹³Recuperado de: <http://www.madera21.cl/?p=7139>

El CLT es un sistema de madera contra laminada que consta con capas de madera longitudinal y transversal que genera un bloque de madera sólida, pegados entre sí con gran tecnología de adhesivos, en la cual quedan formados como paneles.

La cualidad del CLT es que sigue siendo un panel liviano en comparación al hormigón armado, pero teniendo las mismas resistencias. Lo complejo del CLT es que se necesita industrialización ya que no se puede generar en obra este método, para eso hay que invertir y aprovechar el material.

Con CLT, es posible construir edificaciones de gran envergadura, abarcando grandes luces, y variados tipos de construcciones. La gente aun así sigue prefiriendo una edificación de hormigón armado o albañilería.

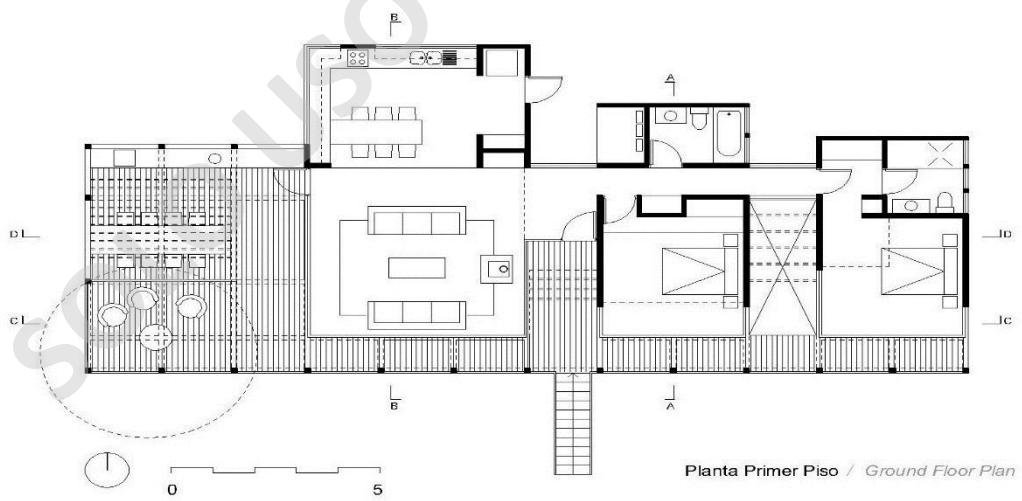
6.3. Proyectos en Chile y en el extranjero

Proyectos en Chile

Casa Rodríguez Harvey.

Casa construida en el año 2008 – 2009, de material pino impregnado, ubicada en Tinquén, Chile. 139 metros cuadrados construidos.





Casa Cerro Tacna.

La casa de playa desarrollada por Nicolás del Río y Max Núñez de dRN ARQUITECTOS se localiza en Maitencillo (V Región). Tiene una superficie construida de 122 metros cuadrados y el material predominante es el pino impregnado. El costo de la vivienda fue de UF19 el metro cuadrado. El proyecto y la construcción se realizó en 10 meses.



¹⁴Recuperado por: <http://www.lignum.cl/2015/08/26/quince-casas-en-madera-para-todos-los-gustos-construidas-en-chile/>

Algunas edificaciones que se han ejecutado en Chile, con la finalidad de utilizar en mayor porcentaje la madera para su estructura. Se han construido edificaciones de distintos tipos, estos ya sean quinchos, casas, camarines, oficinas, entre otros.

Visualmente da un aspecto totalmente agradable para el confort de los ocupantes, como para el medioambiente, en la cual colabora en gran envergadura al ser sustentable, reutilizable, se puede ocupar en distintos tipos y en gran porcentaje.

Proyectos en el extranjero

En el extranjero, trabajar construcciones de casas en madera es muy normal, ya que se ve un ambiente pasajero entre los ocupantes de ciertas viviendas, esto al ser una edificación barata en la cual no se genera un endeudamiento por una casa aún más elevada en su precio. Al ser un material muy accesible, se producen variadas casas con las nuevas tecnologías, un sinnúmero de modelos, o formas de casas muy variadas generando una zona de confort inigualable a otro material.

En Estados Unidos se ve muchas casas construidas estructuralmente de madera, ya que por condiciones naturales como lo son los huracanes, tifones, fuegos, etc. Esto lleva a que existe una gran probabilidad de perder las casas, por ende, al construir en madera, se tiene una casa bonita, cómoda y de bajo costo.

En distintos países se produce mucha madera como materia prima, llevando a construir con su propia materia, además de exportar a distintos países. Por esta razón también es porque se construye mucho en madera.

Otra razón es que es una construcción muy rápida, que no necesita de mano de obra muy especializada, esto ya que, las casas se compran sobre plano, esto es que son casas generalmente prefabricadas, que su construcción es muy rápida y fácil de ejecutar, que genera que hasta los mismos propietarios levanten su propia casa.

Se podrá ver distintos tipos de proyectos, casa de 1 o 2 plantas, casas prefabricadas, como también casa más sofisticadas, construidas in situ.

Hoy en día el 18% de la población mundial vive en casas de madera, además en países desarrollados ya es un número increíble de las casas fabricadas en estructura de madera, en Australia y Nueva Zelanda aproximadamente es el 70% en la cual gente vive en edificaciones de madera, en Suecia y Noruega y Finlandia el 80%, Canadá le sigue con el 85% y el país donde más edificaciones en madera hay es en Estados Unidos, con un 90% de edificaciones construidas en madera.

¹⁵Recuperado de: <https://www.demadera.work/los-principales-paises-productores-de-madera/>

¹⁶Recuperado de: <https://ecoandeco.com/curiosidades-sobre-las-casas-de-madera/>

¹⁷Recuperado de: <https://kurioso.es/2008/05/28/%C2%BFpor-que-las-casas-americanas-son-de-madera/>

Tipos de casas en el extranjero



¹⁸Web curioso, (2018), Imagen, Recuperada de:
<https://kuriioso.files.wordpress.com/2008/05/sf2.jpg>





¹⁹Recuperado de: <https://casademaderadelujo.wordpress.com/2013/11/27/98/>

Casa ubicada en Noruega, ejecutada de madera y vidrio. Superficie de 120 m2.



²⁰Recuperado de: <http://www.quadraturaarquitectos.com/blog/index.php/2013/09/una-acogedora-casa-de-madera-en-los-fiordos-noruegos/>

Casa ubicada en Finlandia, ejecutada estructuralmente de madera, mezclando con vidrio



²¹Recuperado de: <http://espaciosdemadera.blogspot.com/2013/12/casa-de-madera-en-finlandia.html>



Casa construida en Alemania, superficie de 110 m2 construidos

²²Recuperado de: <https://casas.mitula.ec/detalle/1021/96759690347708104/1/1/casas-madera-alemania>

Casa construida en Cagliari, Canadá



²³Recuperado de: <http://www.casamadera.info/casa-de-madera-canadiense-con-terraza>

6.4. Ventajas y desventajas

Ventajas

Las ventajas que se tiene al construir una casa de madera son numerosas e increíbles, todas las propiedades y el plus que se obtiene al construir con madera. A su vez también tenemos desventajas, en las cuales son menores.

1.- La madera no es solo un árbol que aporta naturaleza al medio ambiente, sino que también se puede construir con madera libremente teniendo un beneficio para el medio ambiente. El construir en madera se necesita de mucho menos energía que cualquier otro tipo de material, tiene un menor impacto ambiental y también menor huella de carbono.

2.- Al construir en madera siendo un material versátil, esto quiere decir que, la madera se adapta a cualquier diseño que puede ser prefabricado, y en caso de algo más complejo se tiene que construir de forma personalizada, llevando a cabo las casas a medidas según lo pida el cliente.

3.- La rapidez en que se puede levantar una casa de madera en comparación con otro tipo de material es inigualable, ya sea porque se pueden comprar casas prefabricadas que son “piezas”, que se instalan como un lego, y el termino de la construcción es increíblemente rápido. También la madera es un material que se puede controlar al detalle, en donde se trabaja con máquinas muy precisas, en la cual se ahorra tiempo en la construcción de la estructura.

4.- La resistencia al fuego en vez de ser una desventaja que es lo que se piensa de este material, es todo lo contrario. La madera como cualquier otro tipo de material tiene que cumplir con las normas de prevención de incendios, acudiendo a las normas mínimas que se pide. La protección de la madera se protege físicamente la estructura como también se protegen mediante aditivos y pinturas ignífugas que ayudan a la prevención de incendios. Además, varía mucho mediante la sección de la estructura, esto quiere decir que, a mayor sección, la estructura se quema con menor facilidad, generando una carbonización por la superficie, pero estructuralmente la madera está en perfectas condiciones.

5.- La durabilidad de la madera se habla directamente con el ataque de agentes como los hongos e insectos que afectan estructuralmente la madera. Para esto y con el pasar de los años se ha trabajado y se han creado un sinnúmero de opciones para proteger la estructura de los ataques de hongos e insectos, esto con aditivos incrementados en la madera. Además, físicamente se puede aislar la estructura mediante bases de distintos tipos de material, así se separa la madera de la tierra y ayuda a no exponer la madera de manera directa sobre agentes como los hongos y los insectos.

6.- El comportamiento frente a movimientos sísmicos es la gran preocupación de la gente, en donde la madera se comporta de gran manera frente a un sismo, esto porque es un material muy ligero y frente a un sismo los movimientos son llevados y disipados fácilmente. La madera trabaja muy bien a las resistencias de la compresión y a la tracción, por ende, genera menos fuerza de inercia en los terremotos.

7.- La madera es un material sostenible, esto es porque el material absorbe bien la humedad, regulando de manera positiva, generando una zona de confort para los habitantes. Esto quiere decir que se regula bien la temperatura interior, teniendo buena aislación térmica, ya sea absorbiendo o cediendo la humedad.

8.- A diferencia de los distintos materiales para construir, una gran ventaja es que, con la madera se puede construir en seco. Esto es que se construye sin necesidad de tener agua en la construcción de una casa de madera, además de las uniones genera una exactitud de los detalles constructivos. Además, al construir en seco, se puede controlar aún más la planificación de la construcción, disminuyendo de gran manera los tiempos de construcción.

9.- Construir en madera genera una buena aislación térmica y un gran ahorro de energía, dicho anteriormente la madera absorbe bien la humedad y libera la humedad cuanto lo requiere el tiempo, esto provoca que se genera una buena aislación térmica, en donde en épocas de frío, el calor se mantiene durable durante harto tiempo en el interior de la propiedad, a su vez provoca gastar menos cantidad de dinero en calefacción o aire acondicionado según lo requiera.

10.- Buena aislación acústica, esto se refiere a que la contaminación acústica entre una habitación y otra no se genera ruidos molestos entre las habitaciones. Además, que en una habitación se concentra de buena manera el sonido, manteniéndose y generándose una buena amortiguación del sonido.

Desventajas

La madera al ser un material natural, necesita de ciertos cuidados que son mas ligeros que otros materiales como lo son el hormigón y el acero. Tiene que cuidarse de ataque de insectos, hongos, o plagas que puedan atacar la estructura, para esto si hay productos que recubren superficialmente la estructura evitando que puedan ser atacados, pero así con el tiempo, se va gastando el recubrimiento de productos, por ende, se tiene que tener un cuidado responsable cada cierto tiempo de este.

El mantenimiento es sumamente importante, ya que, si es escaso, puede sufrir daños estructurales considerablemente, dañando y debilitando pudiendo ocasionar una cierta fatiga del material, llegando a producir un posible derrumbe.

Las termitas son un agente que daña estructuralmente la madera produciendo quiebres dentro de ella. Las termitas entran generalmente del suelo hacia la madera, por ende, se necesita de un cuidado de aislamiento de la madera directamente con el suelo. Si es una desventaja, pero con una solución, ya que se puede aislar con un radier de hormigón, y así evitar que la madera soportante este en contacto directamente con el suelo.

La mano de obra también es considerable para la desventaja, esto no tanto para las casas prefabricadas que vienen en paneles ya armados que se instalan en piezas ensambladas a medidas exactas. Pero si se necesita de una mano de obra más especializada para casa de gran envergadura como lo son los chalets, ya que vienen en piezas de grandes dimensiones, ejecutando uniones entre ellas en obra, por ende, se necesita de un buen control y de una buena ejecución en el armado de la estructura.

²⁴Recuperado de: <https://about-haus.com/construir-una-casa-de-madera/>

²⁵Recuperado de: <https://www.ecologiaverde.com/casas-de-madera-ventajas-e-inconvenientes-435.html#ixzz49hh6U1gr>

7. Edificar en altura en Chile y en el extranjero, estructuralmente en madera

7.1. Historia en el extranjero

Edificar en altura en el extranjero ya cada vez es más común, sobre todo para los países más desarrollados en donde la tecnología ha aumentado y han privilegiado la construcción de edificios en madera.

En países como Estados Unidos que es son mayormente hay casas de madera, hoy en día se han atrevido a construir edificios en madera, como así también países como Finlandia, Noruega, Nueva Zelanda, Canadá, Australia, entre otros.

Ya cada vez se ha demostrado que construir un edificio en madera es más común, y con el tiempo y las experiencias, se ha aumentado la altura en la cual se han construido edificios de 10, 14 pisos, llegando a obtener alturas inimaginables de edificios en madera, llegando a los 53 metros de altura aproximadamente. Que de seguro con el tiempo ira aumentado cada vez más, mediante ideas nuevas y planes para poder realizar este tipo de edificios.

Ya en países como Japón, hay proyectos de edificios en madera, de alturas impensadas, en donde, hay un proyecto llamado W350, en la cual, estará fabricado con 10% de acero y un total del 90% en madera, teniendo un total de 70 plantas.

Sin duda el aumento en construir en madera ha aumentado considerablemente, optando por el recurso amigable con el medio ambiente, en comparación al hormigón y el acero, en la cual afectan bastante al medio ambiente, en donde la madera ayuda a reducir el CO2 de la atmosfera, además de la baja huella de carbono. Se han tomado medidas y se ha incentivado en la construcción de madera.

En Japón en el año 2010 se aprobó una ley, en donde las empresas de construcciones deben usar madera para edificios públicos de menos de 3 plantas.

En noruega se espera un proyecto de más 18 plantas, con una altura de 80 metros, ejecutada con una estructura totalmente de madera. Este proyecto se espera que este ejecutado en el primer semestre del año 2019. Este proyecto será el edificio más alto del mundo construido estructuralmente en madera.

De seguro que con el tiempo irán aumentando los proyectos de edificios en madera, esto ya que cada vez más esta la preocupación por el medio ambiente, en donde la madera cumpliría con toda la ayuda necesaria, además de que se ha comprobado de las resistencias equitativas con el hormigón y el acero.

²⁶Recuperado de: <http://www.madera21.cl/el-rascacielos-en-madera-mas-alto-del-mundo-sera-levantado-en-tokio/>

²⁷Recuperado de: <http://www.madera21.cl/la-madera-un-aliado-para-reducir-el-impacto-medioambiental-de-la-construccion/>

²⁸Recuperado de: <https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/noruega-estan-construyendo-rascacielos-madera-sera-edificio-madera-alto-mundo>

²⁹Recuperado de: <http://www.lignum.cl/2017/07/19/aprueban-construccion-del-edificio-madera-mas-alto-estados-unidos/>

7.2. Historia en Chile

Con el tiempo se ha creado ideas y se explorado mucho sobre la madera en este último tiempo, para las construcciones de edificaciones en particular. Ya las casas de 2 plantas son un hecho, además de asegurar bajo normas que si se puede construir casas de no mas de 2 pisos.

La construcción de casa prefabricadas hay subido su porcentaje de ejecución en el último tiempo, además de casas más grandes en sus dimensiones, también se han ejecutado de manera normal, y se ha demostrado que la madera ha resistido en todos los puntos, ya sea bajo sismos, e incendios que son los que más asustan a la población.

En Chile la edificación en altura estructuralmente en madera aun no es posible ejecutarla, en condiciones de edificios más de 7 plantas. Esto por la norma tan exigente que existe hoy en día en Chile. En países extranjeros ya se ha demostrado que la madera alcanza resistencia similar a la del hormigón y del acero, en este último, la madera resiste mucho más que el acero, el acero colapsa es un rango de tiempo mucho menor a la de la madera, provocando derrumbe en su totalidad.

Se han incentivado proyectos de edificios a ejecutar en Chile, pero no más de 6 pisos de altura, en la cual de a poco se ha ido instruyendo en el tema, llevando a cabo y confirmando que ejecutar un edificio estructuralmente en madera, es totalmente confiable y resiste de buena forma, frente a un sismo, en la cual es hoy en día el gran problema de la que porque no se puede construir un edificio en Chile.

Hace poco tiempo, en el mes de noviembre del 2018, Chile construyo el primer edificio de media altura, teniendo un total de 6 plantas, con la idea de estudiar y comprobar las propiedades de la madera y así confirmar sus características para la construcción de edificaciones en madera. Para este proyecto se busca ver el comportamiento sísmico, el desempeño con el medio ambiente, la percepción de las inmobiliarias y por ultimo ver la parte económica frente a la construcción.

Este edificio llamado torre de peñuelas, es el edificio más alto de Latinoamérica.

Sin duda ha habido un gran avance para Chile en este ámbito, ya que, gracias a este proyecto, se podrán abrir nuevas puertas para la construcción de edificios estructuralmente en madera, pensando en edificios de más de 6 pisos, y con el tiempo poder llegar a construir un edificio de más de 10 plantas.

³⁰Recuperado de: <https://chile.ahk.de/es/publicaciones/publicaciones-camchal/articulos-y-entrevistas/innovacion/cambio-de-paradigma-construccion-con-madera-en-altura/>

³¹Recuperado de: <http://www.madera21.cl/primer-edificio-en-madera-de-chile-se-inauguro-en-penuelas/>

³²Recuperado de: <https://www.publimetro.cl/cl/expovivienda/2013/04/19/boom-casas-prefabricadas.html>

7.3. Ventajas y desventajas

Ventajas

La madera tiene grandes características positivas por donde se mire, ya sea factores como el medio ambiente, como para la construcción en sí.

Debido a que la madera es un material muy ligero, muy liviano teniendo una alta resistencia. Así este, actúa de gran forma a resistencia a la compresión como también a la tracción, por ende, bajo estas propiedades, es posible construir un edificio estructuralmente en madera.

La madera tiene una alta resistencia a la flexión, en comparación con el hormigón y el acero. Frente a los esfuerzos de tracción y compresión también tiene una muy buena resistencia, pero de forma paralela de las fibras, porque de forma perpendicular de las fibras su resistencia es muy baja. La resistencia al corte es muy baja como también es baja para el hormigón, pero no así para el fierro que trabaja muy bien. Y por último es muy escaso el módulo de elasticidad.

Una construcción en madera frente a cambios de temperatura trabaja más que bien en comparación a distintas construcciones de otro tipo de material.

En el caso de un incendio las llamas arrasan con una construcción, ya sea de hierro o de hormigón en comparación a una construcción en madera. Podemos ver que frente a temperaturas mayores a 450° una construcción de hierro colapsa estructuralmente y se desmorona. En el caso de una construcción de hormigón en gran parte queda inhabitable, puede que no se derrumbe, pero al paso del tiempo no queda más que derribarla. En cambio, una construcción en madera queda protegida por las capas que esta tiene y

también por los materiales que se utilizan para el revestimiento. La madera se consume lentamente y va permaneciendo estable. No sufre variación dimensional, así esta permite que las secciones restantes mantengan sus propiedades mecánicas.

Un edificio bajo efectos del sismo resiste de gran forma, ya que la madera al ser un material muy liviano, trabaja considerablemente frente a un movimiento sísmico.

El impacto medio ambiental es un tema fuertemente considerable, por ende, la madera es la mejor solución frente a la ayuda para el medio ambiente, esto porque la madera, reduce naturalmente la energía de construcción, ayudando a reducir el impacto global del edificio, además de que contribuye positivamente a la huella de carbono. La madera a su vez, absorbe el CO₂ y libera oxígeno, por lo que esto hace que purifique el aire.

La rapidez de construcción es un tema muy llamativo, esto ya que reduce considerablemente los tiempos, en comparación a un edificio de hormigón. La madera se trabaja en seco, esto hace que se pueda planificar y organizar mejor los tiempos en la cual no se tiene que esperar algún secado de material. Además, que el traslado de las piezas es mucho más rápido y la instalación de las partes es sumamente rápido

La contaminación acústica también es favorable para la madera, ya que emite poco sonido frente a la ejecución de una edificación, en comparación a una edificación de hormigón u otro tipo de material.

La aislación térmica es una gran ventaja ya que la madera es un aislante térmico natural, por ende, baja los costó de energía, para mantener temperaturas dentro de la vivienda.

Desventajas

Falta de tecnología en Chile para modular a mayor escala, para así construir edificaciones más al detalle sin ningún problema.

Mayor ocupación de la madera en Chile, para poder ocuparla como materia prima para las construcciones, ya que la gran parte de lo que se produce en Chile se exporta a países extranjeros.

No se puede construir 100% con madera, pero a su vez tiene solución, esto ya que en las uniones necesitas disipar la energía y ser más firme, por ende, en las uniones se necesita del acero.

Posibles incendios es una de las causas me habladas dentro de una construcción en madera, pero teniendo estructuras de gran dimensión, esto para carbonizar el exterior de

la pieza y así provocar no liberar oxígeno y se pueda apagar el fuego, manteniendo la sección interior protegida.

Destrucción de los bosques también es una desventaja, pero a su vez existen arboles especialmente dedicados para talas, y se van reponiendo a medida que se van talando.

³³Recuperado de: <https://www.maderea.es/resistencia-estructural-madera-hormigon-acero/>

³⁴Recuperado de: <http://woodsrl.com.ar/la-madera-y-su-comportamiento-frente-al-fuego/>

³⁵Recuperado de: <http://www.ecohabitar.org/madera-en-construccion-material-unico/>

³⁶Recuperado de: <https://www.ecosiglos.com/2013/06/ventajas-desventajas-medioambientales-de-la-madera-en-edificios.html>

³⁷Recuperado de: <https://www.ecologiaverde.com/casas-de-madera-ventajas-e-inconvenientes-435.html#ixzz49hh6U1gr>

7.4. Experiencias y proyectos en el extranjero

En el extranjero ya se han ejecutado una gran cantidad de edificios construidos estructuralmente en madera, por lo que a medida que pasa el tiempo, van fortaleciendo e innovando en la construcción de los edificios. Ya se ha comprobado todas las propiedades de la madera para poder llevar a cabo un edificio de gran altura.

A continuación, podemos ver los diversos edificios construidos estructuralmente en madera.

Edificio Stadthaus, construido en el año 2009, ubicado en Hackney, Londres. Tiene un total de 9 pisos construidos.



³⁸Recuperado de: <http://www.revistagua.cl/2012/11/22/stadthaus-n1-el-edificio-mas-alto-construido-en-madera/#>

Edificio Forte Living, construido en el año 2012, ubicado en Melbourne, Australia. Total de 10 pisos y 9 pisos construidos en madera.



³⁹Recuperado por: <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/forte-living-edificio-apartamentos-10-pisos-hecho-madera-laminada-cruzada-clt.html>

Edificio centro de innovación y diseño de madera, construido en el año 2014, ubicado en Prince George, Canadá. Tiene un Total de 7 pisos.



⁴⁰Recuperado de: <http://www.madera21.cl/madera-y-tecnologia-los-innovadores-detalles-del-wood-innovation-design-center/>

Edificio Brock Commons Tallwood House, construido en el año 2017, ubicada en Vancouver, Canadá, tiene un total de 18 pisos, 17 pisos construido en madera.



⁴¹Recuperado de: <http://www.madera21.cl/brock-commons-timelapse-del-edificio-en-madera-mas-alto-del-mundo/>

Proyecto edificio W350, edificio proyectado a construirse en Japón, será el edificio más alto del mundo construido con 10% de acero y 90% en madera. Consta de un total de 70 plantas, una altura de 350 metros, con la finalidad de construirse en el año 2041.



⁴²Recuperado de: <http://www.madera21.cl/el-rascacielos-en-madera-mas-alto-del-mundo-sera-levantado-en-tokio/>

Estos han sido alguno de los edificios que se han construido en el mundo, llegando a dar a conocer lo posible que es construir edificios estructuralmente en madera, la innovación y la amplitud en la cual se puede construir, sin problema alguno.

7.5. Experiencias y proyectos en Chile

En Chile es poca la experiencia que hay de edificios construidos estructuralmente en madera, pero sí ha avanzado el conocimiento, la experiencia, y la innovación de construir con madera.

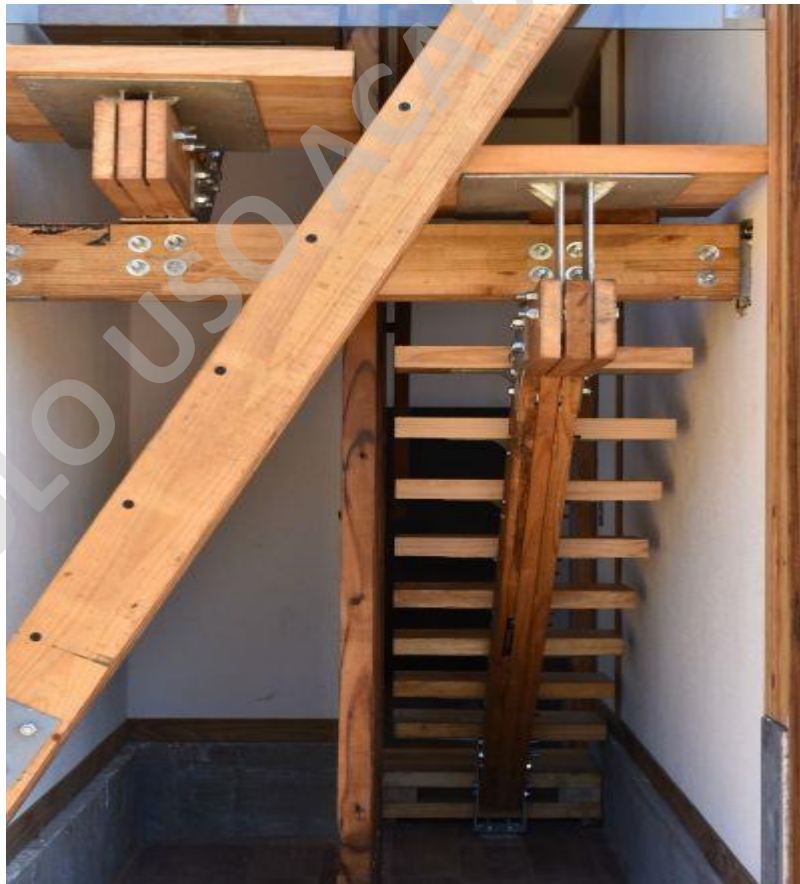
Ya se han ejecutado proyectos de media altura, en la cual se está estudiando la factibilidad de poder construir en Chile.

Si es difícil construir, ya que la norma no lo permite y está basada en estructuras rígidas como lo es el hormigón. Pero se dará a conocer la gran ventaja de la madera y así poder construir edificaciones en altura estructuralmente en madera.

A continuación, se podrá ver los proyectos que existen hoy en día en Chile.

Edificio torre Peñuelas, construida en el año 2018, ubicada en Peñuelas, V región, Chile. Tiene un total de 6 plantas.





⁴³Recuperado por: <http://www.madera21.cl/primer-edificio-en-madera-de-chile-se-inauguro-en-penuelas/>

Edificio Oasis de Chañaral, construido piloto en el año 2016, ubicado en Chañaral, Atacama, Chile. Tiene un total de 3 pisos.



⁴⁴Recuperado por: <http://www.madera21.cl/inauguran-en-chanaral-el-piloto-del-primer-edificio-en-madera-de-chile/>

Es muy escasa la trayectoria de edificios estructuralmente en madera en Chile. Pero es el primer paso, a la innovación, estudios, propuestas, al cambio de normas para que así Chile, pueda construir edificaciones en altura sin ningún problema.

8. Normas de sismo e incendio para edificación en altura estructuralmente en madera en Chile.

8.1. Normas en Chile

Incendio

Los incendios ocasionados en Edificios, pueden ser producidos por equipamientos en mal estado, cableado eléctrico en malas condiciones, etc. La norma en edificios se basa según lo que dice la ordenanza general de urbanismo y construcción (OGUC).

A continuación, mostraremos en lo que exige la norma.

CAPITULO 3

DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO

Artículo 4.3.1. Todo edificio deberá cumplir, según su destino, con las normas mínimas de seguridad contra incendio contenidas en el presente Capítulo, como, asimismo, con las demás disposiciones sobre la materia contenidas en la presente Ordenanza.

Se exceptúan de lo anterior los proyectos de rehabilitación de inmuebles que cuenten con Estudio de Seguridad y las edificaciones señaladas en el artículo 4.3.26. de este mismo Capítulo.

Las disposiciones contenidas en el presente Capítulo persiguen, como objetivo fundamental, que el diseño de los edificios asegure que se cumplan las siguientes condiciones:

- Que se facilite el salvamento de los ocupantes de los edificios en caso de incendio.
- Que se reduzca al mínimo, en cada edificio, el riesgo de incendio.
- Que se evite la propagación del fuego, tanto al resto del edificio como desde un edificio a otro.
- Que se facilite la extinción de los incendios.

Para lograr los objetivos señalados en el inciso anterior, los edificios, en los casos que determina este Capítulo, deberán protegerse contra incendio. Para estos efectos, se distinguen dos tipos de protección contra incendio:

1. Protección pasiva: La que se basa en elementos de construcción que por sus condiciones físicas aíslan la estructura de un edificio de los efectos del fuego durante un determinado lapso de tiempo, retardando su acción y permitiendo en esa forma la evacuación de sus ocupantes antes del eventual colapso de la estructura y dando, además, tiempo para la llegada y acción de bomberos. Los elementos de construcción o sus revestimientos pueden ser de materiales no combustibles, con capacidad propia de aislación o por efecto intumesciente o sublimante frente a la acción del fuego.

2. Protección activa: La compuesta por sistemas que, conectados a sensores o dispositivos de detección, entran automáticamente en funcionamiento frente a determinados rangos de partículas y temperatura del aire, descargando agentes extintores de fuego tales como agua, gases, espumas o polvos químicos.

Para los efectos de la presente Ordenanza, el comportamiento al fuego de los materiales, elementos y componentes de la construcción se determinará de acuerdo a las normas respectivas.

Para determinar la resistencia al fuego de los elementos a que se refiere el presente artículo, como, asimismo, cuando cualquier otro precepto de esta Ordenanza exija que se asegure una determinada resistencia al fuego, se estará a lo dispuesto en el artículo 4.3.2. de esta Ordenanza

ELEMENTOS DE CONSTRUCCION									
TIPO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
a	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F- 30	F- 60	F-120	F- 60
b	F-150	F-120	F- 90	F- 90	F- 90	F- 15	F- 30	F- 90	F- 60
c	F-120	F- 90	F- 60	F- 60	F- 60	-	F- 15	F- 60	F- 30
d	F-120	F- 60	F- 60	F- 60	F- 30	-	-	F- 30	F- 15

⁴⁵Recuperado de: http://www.cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Manual-de-Seguridad-contra-Incendios_CChC_enero2014.pdf

Primero es la vida de los ocupantes del edificio, por ende, la protección de ellos es sumamente importante, para ello se deben tomar todas las medidas de resguardo en caso de incendio, para que así lo ocupantes puedan evacuar ilesos frente al fuego.

Con ellos el salvamento de los ocupantes, esto es que no ocurra ningún accidente fatal o que sufran algún daño en sí.

También exige que no se propague el fuego, para esto hay ciertos materiales en la cual ayudan a contener en gran parte la penetración del fuego. Manteniendo la estructura y así no pueda acceder el fuego entre un sector a otro.

Y por último la extinción del fuego, para esto los materiales, y las resistencias al fuego que se exige según la tabla de elementos de construcción, son las resistencias en la cual se pida para el total cuidado en la extinción del fuego, manteniendo un determinado tiempo para así en el primer cuidado es que el ocupante tenga el tiempo de evacuar sin sufrir ningún accidente.

La madera trabaja muy bien frente a incendios, si es factible que la madera se tiende a quemar con facilidad, pero también mediante aditivos ocupados en la madera, permite retardar el fuego, o también dependiendo de la sección de la estructura, esta se quema por el exterior, produciendo una carbonización y así impide que haya oxígeno, no dejando producir el fuego.

Todo material frente a un incendio se quema, tanto el hormigón, el acero, la madera, etc. proporcionando colapso de la estructura y consigo el posible derrumbe de la edificación.

Lo principal es la vida de los ocupantes de cualquier edificación, por ende, el mantener el control de la edificación frente un incendio, respetando las resistencias requeridas es sumamente importante para la vida de los ocupantes.

Sismo

Chile es uno de los países con sismos generados en el mundo, provocados por la ubicación en la cual se encuentra Chile, en donde ha habido accidentes fatales, fisuras en los edificios, daños severos estructurales, y también colapso de la estructura frente a un terremoto. Por ende, hay ciertas normas en la cual se van estudiando con el tiempo, y más aún se van estudiando cada terremoto que se efectúa.

La norma permite que la estructura si puede sufrir daños, pero que a su vez no sufra colapsos y estén a salvo la vida de los ocupantes del edificio, para esto el edificio tiene que mantener su resistencia.

Los sismos son una cantidad de energía efectuada en la cual el edificio se mueve y traspasa toda la energía hacia el edificio, en la cual el edificio tiene que ser capaz de disipar la energía, liberando en su totalidad para que la estructura no colapse. Hoy en día hay disipadores de energía en la cual evita que las energías sean traspasadas en su totalidad al edificio.

Para esto la norma se rige en estructuras rígidas, cabe destacar que no se ha pensado en un edificio estructuralmente en madera, al ser un material flexible no cumple con los requisitos requeridos por la norma.

Las normas están pensadas en estructuras de hormigón armado que son muy rígidas, esto hace que el edificio no tenga un movimiento muy grande dentro de ella. Esto es porque se han ejecutados muchos estudios y experimentos en hormigón armado.

Además, para la construcción de una edificación se basa también en el estudio de los suelos, para esto se ve todo tipo para que el suelo pueda recibir en su totalidad el peso del edificio, así traspasar las cargas hacia el suelo.

NCh433.1996Mod2009 + Decreto 61 (2011)

La norma NCH 433 se ha modificado y entro en vigencia el año 2011, con sus respectivas modificaciones en el diseño sísmico, pero todo basado en estructuras de hormigón armado.

Las modificaciones fueron muy cautelosas, primero que todo se modificó la clasificación de suelo para edificios, en donde los suelos que eran tipo 2, pasan a ser de tipo 3

También se modificó el diseño, en la cual consta de la fuerza y el desplazamiento sobre el edificio.

Y también se modificó el diseño de muros en la cual todo consta para edificaciones de hormigón armado.

No hay norma que riga para la edificación de edificios estructuralmente en madera, para esto al ser un tema en la cual se ha estudiado especialmente para materias de hormigón armado, que son materiales totalmente distintos, en donde el hormigón armado con la madera tiene propiedades totalmente distintas una de otras.

Para esto se tiene que estudiar, el diseño sísmico de los edificios estructuralmente en madera. Y ejecutarlas basado en la materialidad de la madera.

La norma exige que el desplazamiento relativo entre dos pisos debe ser menor a 0,003 por la altura de los pisos.

⁴⁶Recuperado de: <http://www.lignum.cl/2016/10/19/modificaciones-a-la-norma-sismica-buscan-masificar-la-construccion-altura-con-madera/#>

⁴⁷Recuperado de: <http://madera.uc.cl/investigacion/proyectos-de-investigacion/modificacion-nch-433-madera>

8.2. Posible modificación de normas en Chile

Las modificaciones que se deben ejecutar son en su totalidad en la del diseño sísmico del edificio, en la cual está basado en edificios estructuralmente de hormigón armado, en donde, es el que más estudios y pruebas se han ejecutado, por ende, está totalmente comprobado que el hormigón armado, tiene sus resistencias acordes para soportar y trabajar de buena madera frente a sismos.

Por otro lado, las modificaciones se tienen que ejecutar en base a la materialidad de la madera, esto ya que, las cualidades, propiedades de los materiales, son en su totalidad una distintas de otra. Por lo que no rige que la norma se efectúe para los dos materiales por igual.

Ya se sabe las propiedades que tiene la madera, en donde al ser un material mucho más liviano, flexible, ya no es un material rígido como lo es el del hormigón armado.

Por lo que tiene que haber una norma basada en el diseño sísmico enfocada en la madera y por separado una norma basado en el hormigón.

También se encuentra la norma NCH 1198 en la cual se basa en el cálculo de estructuras laminada encolada.

La norma ve el diseño de estructuras en madera, además ve las uniones que se ejecuten entre estructuras. Por otro lado, la norma no se basa en el diseño de muros estructurales.

Por ende, debe haber una modificación en la cual debe hacer referencia frente a los muros estructurales.

⁴⁸Recuperado de: <http://www.madera21.cl/en-que-consiste-el-cambio-a-la-norma-chilena-de-construccion-en-madera/>

9. Beneficios edificaciones en altura estructuralmente en madera

Del punto de vista que se mire es de total beneficio para todos, tanto para las personas, pudiendo tener una mejor visión una zona a quien observar, como también, el confort en el cual la persona se encuentra, teniendo así, la madera un mejor vivir para quien habite cierta propiedad.

El beneficio es tanto para el medio ambiente, como el bienestar de las personas, en ayuda con el medio ambiente es muy positivo ayudando y salvando al planeta. Se produce una “amistad” entre el medio ambiente y la construcción en madera.

Para la construcción de edificios contemplaríamos madera laminada, por la cual, para la fabricación de la madera laminada, las emisiones del CO₂ son considerablemente más bajas que las del hormigón o el acero. Aproximadamente las emisiones de CO₂ de la madera en comparación al del hormigón es un 50% menos y en comparación con el acero, es de un 30% menos.

El construir un edificio estructuralmente en madera, es mucho más rápido que la construcción de un edificio convencional, esto ya que el traslado de las piezas sería mucho más rápido, además de la instalación de las piezas, que consta de ensamblajes entre ellas, suma en la rapidez.

Al ser una ejecución en seco, se puede programar y planificar de mejor forma y con más exactitud, teniendo un control más al detalle que una edificación de cualquier otro tipo de material.

El aislamiento térmico de la madera es natural, por lo que concentra la temperatura manteniéndola en el interior de la edificación, con esto se lleva a cabo un bajo gasto energético, esto ya que no se ocuparía ningún tipo de calefacción al respecto.

El costo también se considera como un beneficio, esto ya que a pesar de que es de un costo elevado en materiales, se puede reducir los costos en mano de obra, esto porque al reducir los tiempos de construcción, es menos el tiempo que se tiene de mano de obra.

Por otro lado, también la contaminación acústica es un factor sumamente importante, ya que no genera un ruido considerable al momento de la construcción en madera.

10. Conclusiones

El dar a conocer los aspectos relevantes de una edificación en madera basados en los puntos de sismo y fuego, es algo que demuestra que es totalmente factible ejecutarlos en Chile.

Ya se han ejecutado gran cantidad de edificaciones en altura de madera en el mundo, países como Finlandia, Canadá, Noruega, Estados Unidos, entre otros.

Está más que demostrado que es posible bajo las cualidades que tiene la madera, que mediante la tecnología se puede llegar a cabo las resistencias requeridas para su ejecución.

Podemos deducir que hay grandes ventajas el construir un edificio estructuralmente en madera, esto ya sea por ayuda el medio ambiente, además de la factibilidad de poder construir en madera. Los requisitos se cumplen en su totalidad, bajo los distintos parámetros requeridos, ya sean incendios, y sismos, en donde son puntos fuertemente criticados, las propiedades de la madera son excesivamente a favor para las posibles, futuras construcciones de edificaciones estructuralmente en madera en Chile.

Se tendrá que demostrar en Chile, bajo pruebas concretas, ejecutadas en obra, para así dar a conocer los cambios que se deben efectuar en la norma para que se pueda construir edificios en madera.

En el mundo las normas permiten ejecutarlas, la tecnología ya se encuentra en condiciones para llevar a cabo la materialidad. Solo falta en Chile el cambio de las normas de edificaciones en altura estructuralmente en madera para las futuras construcciones en Chile.

11. Bibliografía

1. Centro sismológico nacional, Universidad de Chile, (2014), Sismicidad y terremoto en Chile Recuperado de: http://www.csn.uchile.cl/wp-content/uploads/2014/06/001_terremotos_y_sismicidad_chile.pdf
2. Ciencia BBC mundo, (2015), ¿Por qué hay tantos terremotos en Chile? Recuperado de: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/09/150917_terremoto_chile_porque_lp
3. Texas departament of insurance, (2010), Hoja de datos sobre incendios de casas y edificios, Recuperado de: <https://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresources/spfshseblldgfire.pdf>
4. Onemi, Gobierno de Chile, (sin especificar), Incendio estructural, Recuperado de: <http://www.onemi.cl/incendios-estructurales/>
5. Revista Arqgys arquitectura, (2012), Prevención de incendios en casas y edificios, Recuperado de: <https://www.arqhys.com/construcciones/prevencion-incendios-casas.html>
6. Centro sismológico nacional, universidad de Chile, (2016), Grandes terremotos en Chile, Recuperado por: <http://www.csn.uchile.cl/sismologia/grandes-terremotos-en-chile/>
7. Noticia teletrece, (2015), ¿Cuáles son los 10 terremotos más fuertes ocurridos en el mundo y en Chile?, Recuperado por: <http://www.t13.cl/noticia/nacional/estos-son-10-terremotos-mas-fuertes-ocurridos-chile-y-mundo>
8. Mariana Castaño, (2012), HISTORIA de LA MADERA (Materiales de Construcción), Recuperado por: <https://es.scribd.com/doc/86973140/HISTORIA-de-LA-MADERA-Materiales-de-Construccion>
9. Blog certificados energéticos, (2014), Cómo construir viviendas sostenibles utilizando madera, Recuperado de: <http://www.certificadosenergeticos.com/como-construir-viviendas-sostenible-utilizando-madera>
10. Web Madera 21, (2018) Más allá del cobre: ¿Cuáles son los productos que más exporta Chile?, Recuperado de: <https://www.emol.com/noticias/Economia/2018/01/11/890741/Mas-alla-del-cobre-Conoce-los-productos-que-mas-exporta-Chile.html>

11. Diario financiero, (sin especificar), CHILE POTENCIARA EXPORTACION DE MADERA EN FERIA INTERNACIONAL, <https://www.df.cl/noticias/economia-y-politica/actualidad/chile-potenciara-exportacion-de-madera-en-feria-internacional/2017-01-04/210117.html>
12. Web Madera 21, (sin especificar), POR QUÉ MADERA, Recuperado de: http://www.madera21.cl/?page_id=2757
13. Web madera 21, (2017), QUE PASA CON EL CLT EN CHILE, Recuperado de: <http://www.madera21.cl/?p=7139>
14. Web lignum, bosque, madera y tecnologia, (2015), Quince casas de madera construidos en Chile, Recuperado por: <http://www.lignum.cl/2015/08/26/quince-casas-en-madera-para-todos-los-gustos-construidas-en-chile/>
15. Web, de madera work, (sin especificar), LOS PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES DE MADERA, Recuperado de: <https://www.demadera.work/los-principales-paises-productores-de-madera/>
16. Sergio Gonzalez, (2018), Curiosidades sobre las casas de madera, Recuperado de: <https://ecoandeco.com/curiosidades-sobre-las-casas-de-madera/>
17. De kurioso, (2008), ¿Por qué las casas americanas son de madera?, Recuperado de: <https://kurioso.es/2008/05/28/%C2%BFpor-que-las-casas-americanas-son-de-madera/>
18. Web curioso, (2018), Imagen, Recuperada de: <https://kurioso.files.wordpress.com/2008/05/sf2.jpg>
19. Ulises Palermo, (2013), En Casas de Madera de Lujo les presentamos nuestras casas a dos aguas, Recuperado de: <https://casasdemaderadelujo.wordpress.com/2013/11/27/98/>
20. Quadratura arquitectos, (2013), Una Acogedora Casa de Madera en los Fiordos Noruegos' Recuperado de: <http://www.quadraturaarquitectos.com/blog/index.php/2013/09/una-acogedora-casa-de-madera-en-los-fiordos-noruegos/>
21. Web espacios en madera, (2013), Casa de madera en Finlandia, Recuperado de: <http://espaciosdemadera.blogspot.com/2013/12/casa-de-madera-en-finlandia.html>
22. Web mitula, (2014), Por Retorno A Alemania Vendo Hermosa Casa De Madera, Recuperado de:

<https://casas.mitula.ec/detalle/1021/96759690347708104/1/1/casas-madera-alemania>

23. Web casa madera, (sin especificar), Casa de Madera Canadiense con terraza, Recuperado de: <http://www.casamadera.info/casa-de-madera-canadiense-con-terrazza/>
24. Web Abouthaus, (sin especificar), 10 Grandes Ventajas De Construir Una Casa De Madera, Recuperado de: <https://about-haus.com/construir-una-casa-de-madera/>
25. Ana Isan, (2018), Las ventajas y desventajas de la construcción de casas de madera, Recuperado de: <https://www.ecologiaverde.com/casas-de-madera-ventajas-e-inconvenientes-435.html#ixzz49hh6U1gr>
26. Web madera 21, (2018), EL RASCACIELOS EN MADERA MÁS ALTO DEL MUNDO SERÁ LEVANTADO EN TOKIO, Recuperado de: <http://www.madera21.cl/el-rascacielos-en-madera-mas-alto-del-mundo-sera-levantado-en-tokio/>
27. Web madera 21, (2017), LA MADERA, UN ALIADO PARA REDUCIR EL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN, Recuperado de: <http://www.madera21.cl/la-madera-un-aliado-para-reducir-el-impacto-medioambiental-de-la-construccion/>
28. Web Xataka, (2018), En Noruega están construyendo un rascacielos de madera, será el edificio de madera más alto del mundo, Recuperado de: <https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/noruega-estan-construyendo-rascacielos-madera-sera-edificio-madera-alto-mundo>
29. Web lignum, bosque, madera y tecnología, (2017), Aprueban construcción del edificio en madera más alto de Estados Unidos, Recuperado de: <http://www.lignum.cl/2017/07/19/aprueban-construccion-del-edificio-madera-mas-alto-estados-unidos/>
30. Camchal, (sin especificar), Cambio de paradigma: Construcción con madera en altura, Recuperado de: <https://chile.ahk.de/es/publicaciones/publicaciones-camchal/articulos-y-entrevistas/innovacion/cambio-de-paradigma-construccion-con-madera-en-altura/>
31. Web madera 21, (sin especificar), PRIMER EDIFICIO EN MADERA DE CHILE SE INAUGURÓ EN PEÑUELAS, Recuperado de: <http://www.madera21.cl/primer-edificio-en-madera-de-chile-se-inauguro-en-penuelas/>

32. Diario publimetro, (2013), El boom de las casas prefabricadas, Recuperado de: <https://www.publimetro.cl/cl/expovivienda/2013/04/19/boom-casas-prefabricadas.html>
33. Maderea, (2016), -Resistencia estructural: madera, hormigón y acero- <https://www.maderea.es/resistencia-estructural-madera-hormigon-acero/>
34. Web Wood madera laminada, (sin especificar), La madera y su comportamiento frente al fuego, Recuperado de: <http://woodsrl.com.ar/la-madera-y-su-comportamiento-frente-al-fuego/>
35. Ecohabitar, (2018), La madera en construcción: un material único, Recuperado de: <http://www.ecohabitar.org/madera-en-construccion-material-unico/>
36. Ecosiglos, (2013), Ventajas y desventajas medioambientales de la madera en las construcciones, Recuperado de: <https://www.ecosiglos.com/2013/06/ventajas-desventajas-medioambientales-de-la-madera-en-edificios.html>
37. Ana Isan, (2018), Casas de madera: ventajas e inconvenientes, Recuperado de: <https://www.ecologiaverde.com/casas-de-madera-ventajas-e-inconvenientes-435.html#ixzz49hh6U1gr>
38. Revista agua, (2012), Stadthaus N1: el edificio más alto construido en madera, Recuperado de: <http://www.revistagua.cl/2012/11/22/stadthaus-n1-el-edificio-mas-alto-construido-en-madera/#>
39. DFM Directorio Forestal MadereroForte, (2017), Living; edificio de apartamentos de 10 pisos hecho de madera laminada cruzada (CLT), Recuperado por: <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/forte-living-edificio-apartamentos-10-pisos-hecho-madera-laminada-cruzada-clt.html>
40. Web madera 21, (2017), MADERA Y TECNOLOGÍA: LOS INNOVADORES DETALLES DEL WOOD INNOVATION DESIGN CENTER, Recuperado de: <http://www.madera21.cl/madera-y-tecnologia-los-innovadores-detalles-del-wood-innovation-design-center/>
41. Web madera 21, (sin especificar), BROCK COMMONS: TIMELAPSE DEL EDIFICIO EN MADERA MÁS ALTO DEL MUNDO, Recuperado de: <http://www.madera21.cl/brock-commons-timelapse-del-edificio-en-madera-mas-alto-del-mundo/>
42. Web madera 21, (2018), EL RASCACIELOS EN MADERA MÁS ALTO DEL MUNDO SERÁ LEVANTADO EN TOKIO, Recuperado de:

<http://www.madera21.cl/el-rascacielos-en-madera-mas-alto-del-mundo-sera-levantado-en-tokio/>

43. Web madera 21, (sin especificar), PRIMER EDIFICIO EN MADERA DE CHILE SE INAUGURÓ EN PEÑUELAS, Recuperado por: <http://www.madera21.cl/primer-edificio-en-madera-de-chile-se-inauguro-en-penuelas/>
44. Web madera 21, (sin especificar), INAUGURAN EN CHAÑARAL EL PILOTO DEL PRIMER EDIFICIO EN MADERA DE CHILE, Recuperado por: <http://www.madera21.cl/inauguran-en-chanaral-el-piloto-del-primer-edificio-en-madera-de-chile/>
45. Cámara chilena de la construcción, (2014), RECOPIACIÓN DE LA NORMATIVA NACIONAL DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS, Recuperado de: http://www.cchc.cl/uploads/archivos/archivos/Manual-de-Seguridad-contra-Incendios_CChC_enero2014.pdf
46. Web lignum, bosque, madera y tecnología, (2016), Modificaciones a la norma sísmica buscan masificar construcción en altura con madera, Recuperado por: <http://www.lignum.cl/2016/10/19/modificaciones-a-la-norma-sismica-buscan-masificar-la-construccion-altura-con-madera/#>
47. Centro de innovación en madera, (sin especificar), Modificación NCh 433 – Madera, Recuperado por: <http://madera.uc.cl/investigacion/proyectos-de-investigacion/modificacion-nch-433-madera>
48. Web madera 21, (sin especificar), EN QUÉ CONSISTE EL CAMBIO A LA NORMA CHILENA DE CONSTRUCCIÓN EN MADERA, Recuperado de: <http://www.madera21.cl/en-que-consiste-el-cambio-a-la-norma-chilena-de-construccion-en-madera/>