



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**GENERACIÓN DE BASE DE DATOS SOBRE
PATOLOGÍAS DE ESTRUCTURES EN MADERA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL**

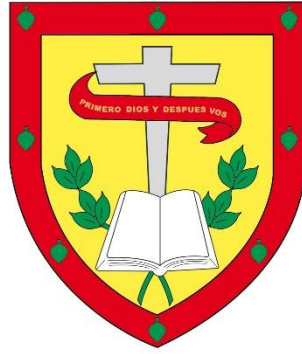
AUTOR: WILLIAM BENITO PORTOVIEJO MACAO

DIRECTOR: ING. EDUARDO DONEY PALMA ZAMBRANO

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

GENERACIÓN DE BASE DE DATOS SOBRE PATOLOGÍAS EN
ESTRUCTURAS DE MADERA

**TRABAJO DE TITULACIÓN A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR: WILLIAM BENITO PORTOVIEJO MACAO

DIRECTOR: ING. EDUARDO DONEY PALMA ZAMBRANO

CUENCA - ECUADOR

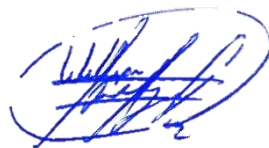
2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

William Benito Portoviejo Macao portador de la cédula de ciudadanía N° **0105961213**. Declaro ser el autor de la obra: “**Generación de base de datos sobre patologías en estructuras de madera**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **25 de febrero de 2022**



F:

William Benito Portoviejo Macao

0105961213

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. M.s.C. Eduardo Palma Zambrano certifico que la presente tesis realizada por el Sr. William Benito Portoviejo Macao egresado de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo realizado de manera personal bajo el tema **“GENERACIÓN DE BASE DE DATOS SOBRE PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE MADERA”**.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'E. Palma'.

Ing. M.s.C. Eduardo Palma Zambrano

DIRECTOR

DEDICATORIA

Lo primero de todo, me gustaría dedicar este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi Madre querida porque sé que ella me ayudo en las buenas y en las malas y lo sigue haciendo, siempre confió en mí y nunca me abandonó.

A mi Padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mi Esposa, por el apoyo incondicional a través de sus consejos, de su amor y paciencia me ayudaron a concluir esta meta.

A mis hermanas por estar siempre presentes, acompañándome y por ser el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

-William Portoviejo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por el don de la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y la fortaleza de aquellos momentos de debilidad y dificultad.

A cada uno de mis familiares por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De igual manera a la Universidad Católica de Cuenca, a toda la Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción, a mis profesores, por confiar en mí, y abrirme las puertas para mi formación académica.

Al Ing. Eduardo Palma, director de la investigación, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Finalmente quiero agradecer a cada uno de mis amigos, con quien compartí mi formación profesional dentro y fuera de las aulas, que de una u otra manera me brindaron su apoyo moral que me permitieron permanecer con empeño, dedicación y cariño.

-William Portoviejo

RESUMEN

Las patologías en estructuras de madera se encuentran hoy en día dispersas en varios documentos, por lo que encontrar información de dichas patologías de manera ordenada y precisa toma un tiempo prolongado. Por este motivo, se ha planteado la creación de una base de datos sobre patologías en estructuras de madera. La investigación se dividirá en dos partes, en la primera se plantea la recolección de información de tipo documental obtenida de fuentes bibliográficas y de portales científicos y la segunda parte consistirá en levantar información de campo, a través de visitas técnicas mediante fotografías que servirán para comparar y alimentar el banco de imágenes obtenidas en el marco teórico. El desarrollo de la base datos se encuentra en el Software NOTION, que consta de una estructuración que contiene: descripción de la patología, características principales, imágenes, fuentes bibliográficas en las cuales se citan documentos que contiene información de la patología expuesta, técnicas y equipos de reconocimiento y sus respectivos tratamientos si es el caso. Además, esta investigación forma parte de un proyecto que tiene por objetivo formar una base de datos en estructuras de diferentes materiales constructivos como es el caso del acero, hormigón y materiales cerámicos.

En la investigación se puede encontrar un extenso marco teórico en el que contiene todo el contexto de la madera como material de construcción, así como un detalle de cada una de las patologías que se pueden presentar en las estructuras de madera, su clasificación, sus detalles y los tratamientos de los mismos. Además, se presentan tres estudios de casos prácticos en donde se hace uso de la base de datos.

Palabras clave: patología, madera, infección, estructura, base de datos

ABSTRACT

The pathologies in timber structures are nowadays scattered in several documents, so finding information on these pathologies in an orderly and accurate way takes a long time. For this reason, the creation of a database on pathologies in timber structures has been proposed. The research will be divided into two parts: the first part will involve the collection of documentary information obtained from bibliographic sources and scientific portals, and the second part will consist of gathering field information through technical visits employing photographs that will be used to compare and feed the image bank obtained in the theoretical framework. The development of the database is found in the NOTION software, which consists of a structure containing: description of the pathology, main characteristics, images, bibliographic sources in which documents containing information on the pathology exposed, techniques and recognition equipment and their respective treatments, if applicable, are cited. In addition, this research is part of a project that aims to form a database on structures of different construction materials such as steel, concrete, and ceramic materials. In the research can be found an extensive theoretical framework that contains the whole context of wood as a building material, as well as a detail of each of the pathologies that can occur in wood structures, their classification, their details, and their treatments. In addition, three practical case studies are presented where the database is used.

Keywords: pathology, wood, wood, infection, structure, database

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
Capítulo I	1
Planteamiento del problema.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Descripción del Problema	1
1.3 Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivo Específico	4
Capítulo II	6
Marco Teórico.....	6
2.1. Definiciones generales de la madera	6
2.1.1 Concepto.....	6
2.1.2 Características de la madera como material de construcción.	7
2.1.3 Ventajas y desventajas de la madera dentro de la construcción	13
2.1.4 Desarrollo evolutivo de la madera en las estructuras.	15
2.1.5 Normativas relacionadas con la construcción de estructuras de madera....	20
2.2. Patologías en las estructuras de madera.	22
2.2.1 Concepto.....	22
2.2.2 Tipos de patología	24
2.2.3 Tipos de lesiones en una patología.	42
2.3. Ambientes y factores patológicos en las estructuras de madera.	44

2.3.1	Ambientes naturales	44
2.3.2	Ambientes constructivos.....	46
2.3.3	Factores químicos	48
2.3.4	Factores físicos	49
2.3.5	Factores propios del material.....	51
2.4.	Reconocimiento de patologías en estructuras de madera.....	58
2.4.1	Técnicas de reconocimiento	58
2.4.2	Equipos de reconocimiento	66
2.4.3	Análisis de información recolectada.....	70
2.5.	Tratamiento e intervención de patologías	72
2.5.1	Concepto	72
2.5.2.	Tratamientos parciales.....	73
2.5.3	Tratamientos totales.....	84
2.5.4	Desahucio de estructuras	90
2.6.	Base de datos	90
2.6.1	Concepto.....	90
2.6.2	Tipos de base de datos	92
2.6.3.	Tipos de información para base de datos.....	93
2.6.4	Conformación de una base de datos	96
CAPÍTULO III.....		98
Metodología		98
3.1.	Tipo de información.....	98
3.2.	Recolección de información.....	99
3.2.1	Información bibliográfica.....	99
3.2.2	Información de campo	99
3.3	Generación de la base de datos	100
3.3.1	Organización, clasificación y documentación de la información recolectada.....	100
3.3.2	Vinculación con otras bases de datos	103
Capítulo IV.....		104
Resultados Generados.....		104
4.1.	Presentación de la base de datos generada	104
4.2	Ejemplos de aplicación.....	104

4.2.1 Caso de estudio 1	105
4.2.2 Caso de estudio 2	113
4.2.3 Caso de estudio 3	119
CAPÍTULO V	125
Conclusiones y Recomendaciones	125
5.1. Conclusiones	125
5.2. Recomendaciones	126
Referencias Bibliográficas	128
ÍNDICE DE ANEXOS	132

Índice de figuras

Figura 1 <i>Partes del Tronco</i>	9
Figura 2 <i>Tipología de Cubierta en Madera de los Templos Griegos</i>	15
Figura 3 <i>Estructura de Madera Tipo Cruck Home</i>	17
Figura 4 <i>Tipos de Techos de Madera Ingleses</i>	18
Figura 5 <i>Detalle de la Cercha de Madera de Vasari en Florencia</i>	19
Figura 6 <i>Puente Degli Alpini en Bassano Dil Grappa</i>	19
Figura 7 <i>Deformación de la Viga debido a una Sección Insuficiente</i>	26
Figura 8 <i>Deformación por Humedad de la Madera</i>	27
Figura 9 <i>Presencia de Nodos en Estructuras</i>	28
Figura 10 <i>Agrietamiento</i>	28
Figura 11 <i>Acción del fuego en la madera</i>	30
Figura 12 <i>Ataque de Moho en la Madera</i>	33
Figura 13 <i>Ataque de Hongos Cromógenos</i>	34
Figura 14 <i>Presencia de Hongos Xilófagos, Pudrición Blanca o Fibrosa</i>	35
Figura 15 <i>Presencia de Hongos Xilófagos, Pudrición Parda o Cúbica</i>	35
Figura 16 <i>Madera afectada por organismos xilófagos</i>	37
Figura 17 <i>Degradación química</i>	38
Figura 18 <i>Estructura Arriostrada</i>	39
Figura 19 <i>Excentricidad en pórticos</i>	40
Figura 20 <i>Uniones mal diseñadas</i>	41

Figura 21 <i>Fibra Torcida</i>	52
Figura 22 <i>Fibra Curva</i>	52
Figura 23 <i>Corazón Excéntrico</i>	53
Figura 24 <i>Anillos Irregulares</i>	54
Figura 25 <i>Estructura sin Corazón</i>	54
Figura 26 <i>Estructura con Pata de Gallo</i>	55
Figura 27 <i>Estructura con Acebolladuras</i>	55
Figura 28 <i>Acucharamiento</i>	56
Figura 29 <i>Arqueadura</i>	57
Figura 30 <i>Torcedura</i>	57
Figura 31 <i>Xilohigrómetro</i>	59
Figura 32 <i>Equipos Portátiles para el Uso de las Técnicas de Ultrasonidos</i>	60
Figura 33 <i>Esquema de Ensayo de Compresión Paralela a las Fibras</i>	61
Figura 34 <i>Esquema de Ensayo de Compresión Paralela a las Fibras</i>	62
Figura 35 <i>Esquema de Ensayo de Tracción Paralela a las Fibras</i>	63
Figura 36 <i>Esquema de Ensayo de la Flexión Estática</i>	64
Figura 37 <i>Esquema de Ensayo de Dureza</i>	66
Figura 38 <i>Microtomo</i>	67
Figura 39 <i>Extractor de Tornillos</i>	68
Figura 40 <i>Resistografo</i>	69
Figura 41 <i>Máquinas para Ensayos de Madera</i>	70
Figura 42 <i>Estructuración de Columnas para Base de Datos 1</i>	101
Figura 43 <i>Estructuración de Columnas para Base de Datos 2</i>	102
Figura 44 <i>Esquema del Uso de la Base de Datos</i>	104
Figura 45 <i>Casa de la Sra. María de Jesús Uzcha</i>	105
<i>Figura 46 Identificación de Patología 1, Caso de Estudio 1</i>	106
<i>Figura 47 Identificación de Patología 2, Caso de Estudio 1</i>	108
<i>Figura 48 Identificación de Patología 3, Caso de Estudio 1</i>	111
Figura 49 <i>Puente Bimbabum</i>	113
<i>Figura 50 Identificación de Patología 4, Caso de Estudio 2</i>	114
<i>Figura 51 Identificación de Patología 5, Caso de Estudio 2</i>	116
Figura 52 <i>Puente Velasco Ibarra</i>	119

<i>Figura 53 Identificación de Patología 6, Caso de Estudio 3</i>	120
<i>Figura 54 Identificación de Patología 7, Caso de Estudio 3</i>	122

Índice de tablas.

Tabla 1 Esfuerzos Admisibles para la Madera	11
Tabla 2 Módulo de Elasticidad para la Madera	11
Tabla 3 Lesiones de Cada Proceso Patológico y sus Causas	43
Tabla 4 Dureza de la Madera 1	65
Tabla 5 Dureza de la Madera 2	65
Tabla 6 Identificación de Patología 1, Caso de Estudio 1	106
Tabla 7 <i>Identificación de Patología 2, Caso de Estudio 1</i>	108
Tabla 8 <i>Identificación de Patología 3, Caso de Estudio 1</i>	110
Tabla 9 <i>Identificación de Patología 4, Caso de Estudio 2</i>	114
Tabla 10 <i>Identificación de Patología 5, Caso de Estudio 2</i>	116
Tabla 11 <i>Identificación de Patología 6, Caso de Estudio 3</i>	120
Tabla 12 <i>Identificación de Patología 7, Caso de Estudio 3</i>	122

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1 Introducción

El material más antiguo empleado por el hombre es la madera debido a su fácil obtención, bajo costo, gran resistencia a la compresión y tracción; además al ser un material natural, está expuesto a diferentes patologías ya sea por condiciones climáticas, fallas propias del material o a su ejecución inadecuada, las mismas que pueden provocar su degradación y así afectar su desempeño.

Debido a que la madera puede presentar varias patologías es necesario analizarlas utilizando técnicas de inspección adecuadas, para así poder intervenir de manera correcta para su respectiva reparación, tomar medidas de prevención o dar por desahucio a la estructura.

Es por esto que en este trabajo se enfoca a la generación de una base de datos la cual ayudaría al almacenamiento de una gran cantidad de patologías sustentadas en fuentes científicas que, a medida que se va acumulando, serán de gran utilidad, a la hora de diagnosticar la patología que se presenta, ya que gracias a la información recolectada se podrá dar una pronta detección del problema, facilitar la toma de decisiones y análisis para su tratamiento.

1.2 Descripción del Problema

La madera al ser el recurso natural más antiguo empleado por el hombre ha tenido diversas funciones durante miles de años ya sea como materia prima, como combustible, la elaboración de papel, material para la construcción, entre otras funciones más. El aprovechamiento en la construcción se da principalmente del tronco y en un bajo porcentaje en las ramas.

La madera, así como los demás materiales tiene características tanto microscópicas como macroscópicas. En cuanto a la microscópica, la madera posee tejidos o estructuras celulares que, de acuerdo a su tipo, orientación y forma, definen su capacidad para enfrentar las necesidades naturales como: conducción resistencia mecánica y almacenaje. (Galindo Galindo & Zalamea León, 2020)

En cuanto a las macroscópicas son las cualidades que determinan a la madera tales como la textura, brillo, radios leñosos, color, dureza, grano, etc.

La madera al ser un material versátil se puede elaborar de acuerdo a los requisitos del diseño y de una manera más económica. Otras de las ventajas de estructura de madera es que pueden ayudar a un excelente aislamiento térmico y acústico, mantener un equilibrio higroscópico con el medio, etc.

Este material natural está expuesto a algunos deterioros las cuales pueden ser por causas de origen biótico (pudrición, microorganismos, hongos, insectos, etc.); y abióticos (agentes atmosféricos, fuego, humedad ambiental, lluvia, radiación solar, efectos de la edad de la estructura entre otros). A más de estos deterioros una estructura de madera también puede ser afectado por procesos constructivos de manera directa en su desempeño.

Por lo tanto, con los deterioros mencionados en los párrafos anteriores, podemos notar que la madera puede presentar una gran variedad de patologías de origen biótico, abiótico, constructivos, entre otras, por lo que mediante esta investigación el realizar una base de datos con casos de patologías suscitadas en este material, ayudará mediante una comparación al reconocimiento de estructuras presentes de hacer un análisis de lo que pueda estar ocurriendo en

la estructura para así tener una visión más clara del comportamiento de la madera, con el fin de emplear medidas preventivas, intervenir en ella o darlo por desahucio.

1.3 Justificación

La madera en la construcción se utiliza en varias partes ya sea como material estructural o simplemente como fachada, esto no exime al material a desarrollar algunas patologías en ella, las mismas que pueden deteriorar este material sin su debido cuidado.

Debido a la gran mayoría de patologías que se pueden presentar en la madera, nace la necesidad de realizar una base de datos para la recolección de ellas, las cuales tendrán sus respectivas causas, síntomas y efectos que pueden suscitarse en este material, con el fin de tener una idea clara de que se podría realizar al momento de que se estén analizando estructuras similares, además conocer si la estructura se encuentra en riesgo o se debe aplicar técnicas adecuadas para su rehabilitación.

Con esta base de datos y las realizadas por (Josué David Jiménez Romero) patologías en estructuras de acero, (Luis Cordero) patologías en estructuras de hormigón y (Charly Illescas) patologías en materiales cerámicos, que forman parte del grupo de investigación, ayudaran al reconocimiento de equipos y técnicas para la medición de patologías de cualquier estructura, y por añadidura estas bases de datos darán paso al desarrollo de software, aplicaciones o inteligencia artificial que ayude al reconocimiento de patologías similares, las mismas que ayudaran a la toma de decisiones ya sea para dar una solución, un tratamiento o dar por desahucio a la estructura analizada

Las personas dedicadas a la construcción y análisis de estructuras de maderas se beneficiarán con esta base de datos por lo que ayudara a tener una idea más centrada a la hora de presentarse una patología similar y también ayudaría a tener en cuenta las respectivas prevenciones y mantenimientos a la hora de realizar estructuras de madera.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Generar una base de datos sobre patologías de madera mediante la inspección bibliográfica y reconocimiento en campo de estructuras ya existentes con el fin de ayudar a la toma decisiones en estructuras presentes.

1.4.2 Objetivo Específico

- Investigar información que ayude al desarrollo de la base teórica de las patologías de madera por medio de la revisión bibliográfica para dar comienzo a la base de datos.
- Identificar los agentes internos y externos que producen patologías en la madera con información científica que ayude a la construcción del marco teórico.
- Determinar diversos factores que puedan ocasionar las diversas patologías en las estructuras de madera y analizar sus causas
- Recolectar información fotográfica de estructuras existentes que presenten patologías de este material a través de las visitas a campo con el fin de respaldar la base teórica.

- Establecer un proceso específico mediante el programa NOTION de manera que pueda organizar, clasificar y recopilar cada patología investigada de modo que ayude a la recolección de información.
- Relacionar la base de datos con otras de igual enfoque mediante un mismo formato con el objetivo de dar paso a nuevas investigaciones.
- Generar un caso práctico con el análisis de estructuras visitadas en campo para la demostración de los beneficios de la base de datos generada.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Definiciones generales de la madera

2.1.1 Concepto.

El recurso más antiguo utilizado por el hombre es la madera, para el autor (Brotóns, 2013) “este tiene excelentes características tanto físicas como mecánicas, además de la calidad de ser un recurso renovable e inagotable, siempre que las técnicas de producción sean las más adecuadas”.

Al ser un material de origen vegetal con tejidos fibrosos, se constituye por células de estructura tubular hueca paralelas al eje del árbol, al realizar un corte transversal al tronco de un árbol se aprecia los anillos que se forman al unir una junta con otra de las estructuras celulares. La forma de estos anillos, su distribución su tamaño, su aspecto anatómico y su constitución son aspectos que les otorgan las cualidades físicas y mecánicas de cada especie. (Salazar Alvarado, 2014)

“El conjunto de células de la madera que forman parte de un ser vivo, el árbol. Sus propiedades y posibilidades de empleo son, en definitiva, la consecuencia de caracteres, organización y composición química de las células que las constituyen” (Oliva, 1984).

La madera presenta ciertas propiedades que las caracterizan como son: las propiedades eléctricas las que varían de acuerdo al porcentaje de humedad, mientras más seca mayor será su aislamiento; propiedades térmicas que genera la madera es muy baja puesto que su valor de su coeficiente oscila alrededor del 0.11 Kcal/mh°C, siendo uno de los materiales muy estables a la acción del calor; las propiedades mecánicas. (Oliva, 1984).

La cantidad de anillos denota el crecimiento de la madera, puesto que estos se crean a medida que crece el árbol y no dejan de crearse hasta la muerte del mismo. De acuerdo al tipo de especie y las condiciones climáticas donde creció se puede diferenciar visualmente entre una madera de menor y mayor resistencia de acuerdo a los anillos, si estos se pueden distinguir fácilmente su densidad es baja (menor resistencia), y si no se puede distinguir fácilmente la madera es de alta densidad (mayor resistencia). (Salazar Alvarado, 2014)

Tanto la madera temprana como tardía son parte de la formación de los anillos. Los primeros se forman en la primera etapa de crecimiento, en algunas especies se pueden diferenciar debido a que poseen cavidades grandes y pared delgada, mientras que la madera tardía se forma con posterioridad, poseen cavidades más pequeñas y pared más gruesa. Como por ejemplo según Salazar Alvarado (2014) en Ecuador el Eucalipto Glóbulos es una especie donde se puede distinguir sus fibras con facilidad a diferencia del Guayacán Pechiche o el Caimitillo donde son poco notorias.

2.1.2 Características de la madera como material de construcción.

De acuerdo al INEN (2015) “el Ecuador se consume 5 millones de m³/año de madera rolliza en tableros contrachapado, muebles, construcciones en general, leña y carbón”. El abastecimiento de madera proviene en un 70% de bosques nativos y el 30% restante de plantaciones forestales.

Para la norma (E.10, 2021), el contenido de humedad no debe ser mayor al 22% de la madera aserrada puesta en obra, la misma que se determinara en la mitad de su longitud.

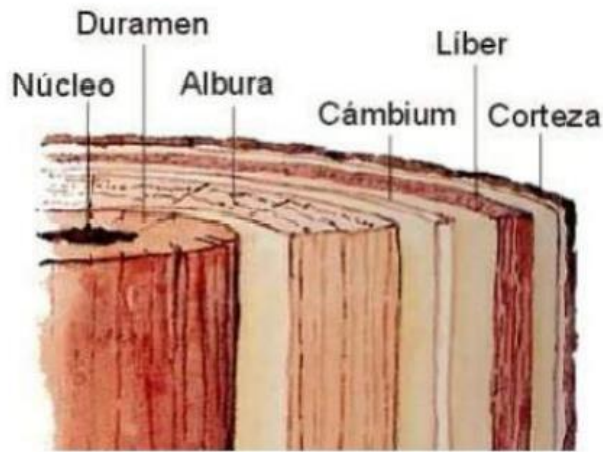
Composición química. Según la especie no varía sensiblemente, ya que esta es muy constante.

Los elementos químicos presentes en su composición elemental global por masa son aproximadamente de 45-50% de carbono(C), 38-43% de oxígeno (O) de 6% de Hidrógeno (H) y un 1% de Nitrógeno (N) y otros elementos. (Arbelo & Garbuyo, 2012)

Componentes moleculares. Está formada por dos componentes que son los primarios y secundarios. En cuanto a los primarios están compuestos por celulosa, hemicelulosa y la lignina. La celulosa es un polímero de glucosa, lineal, polidisperso y fibrilar, representa un 40-50%, y es la que le otorga la resistencia a la tracción. La Hemicelulosa es un polímero amorfo y ramificado de entes azúcares, con un grado de polimerización bajo, del orden de $GP=150-200$, representa el 20-30%. La Lignina que es un polímero tridimensional complejo de unidades fenólicas, que constituye la matriz oscura y aglutinante de la celulosa, es el causante de la rigidez proporcionando la resistencia a la compresión, constituye el 20-30%. Los secundarios que están constituidos por resinas, colorante, taninos, cera, grasas, savia, aceites etc.; que le otorga durabilidad, color y olor. (Arbelo & Garbuyo, 2012)

Estructura macroscópica. Según Arbelo & Garbuyo (2012) y Salazar Alvarado (2014) “el tronco del árbol está estructurado por capas superpuestas que al analizar una sección transversal sea de una conífera o latifoliada se pueden distinguir los distintos sectores”:

Figura 1. *Partes del Tronco.*



Fuente: (Salazar Alvarado, 2014)

Corteza exterior. Consiste en una capa de células muertas y su principal función es proteger al tronco de agentes biológicos y climáticos. (Salazar Alvarado, 2014)

Corteza interior conocida como floema o liber. Es por donde circula la sabia elaborada (alimento) por las hojas hacia las ramas, tronco y raíces. (Arbelo & Garbuyo, 2012)

Cámbium. Son capas de células vivas que se encuentra en medio de la corteza interior y la madera. La Cámbium es fundamental para el crecimiento porque produce una capa hacia el interior denominado albura y una capa exterior liber. (Arbelo & Garbuyo, 2012)

Albura o leño. Formada por células vivas en su parte exterior y es responsable de llevar el agua y las sales minerales desde las raíces a las hojas, su espesor varía de acuerdo a la especie y tiene un color claro. Con el pasar del tiempo las células interiores mueren y pasan a engrosar el duramen. (Salazar Alvarado, 2014)

Duramen. Está formado por células muertas de la capa interna de la albura, es la zona más oscura por ende tiene mayor dureza que es capaz de resistir a los ataques de los agentes biológicos. Su color está ligado con la resistencia es decir si son más oscuros será menos resistentes a la pudrición y si es más claro su resistencia a la pudrición será mayor. (Salazar Alvarado, 2014)

Núcleo o Médula. Es un tejido flojo y esponjoso que se encuentra en la parte central con un diámetro muy pequeño. Formado durante el primer año de crecimiento. (Arbelo & Garbuyo, 2012)

2.1.2.1 Clasificación de la Madera

La madera se puede clasificar en una gran variedad de aspectos de acuerdo a los criterios que se considere, a continuación, se expone los más comunes.

2.1.2.1.1 Según la densidad básica

De acuerdo al (INEN, 2015)

A si la densidad básica está entre 0.71 y 0.90.

B si la densidad básica está entre 0.56 y 0.70.

C si la densidad básica está entre 0.40 y 0.55.

2.1.2.1.2 Según los esfuerzos admisibles

Tabla 1. *Esfuerzos Admisibles para la Madera.*

ESFUERZOS ADMISIBLES (MPa)					
Grupo	Flexión	Tracción Paralela	Compresión Paralela	Compresión Perpendicular	Corte Paralelo
	f_m	f_t	f_c	$f_{c\perp}$	f_v
A	21	14.5	14.5	4	1.5
B	15	10.5	11	2.8	1.2
C	10	7.5	8	1.5	0.8

Fuente: (INEN, 2015)

2.1.2.1.3 Según el Módulo de Elasticidad

Tabla 2. *Módulo de Elasticidad para la Madera.*

MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)		
Grupo	E_{min} (E0.06)	$E_{promedio}$
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	90000

Fuente: (INEN, 2015)

2.1.2.1.4 Según su dureza

Maderas blandas. Se denominan blandas por su grado de trabajabilidad, más no porque sean poco resistente y son aquellas que tienen un crecimiento rápido (se pueden ver los anillos), de color claro, ligeros, facilidad de trabajar por tener nudos pequeños, y son de bajo costo. Su principal característica es de tener hoja perenne y ser resinosos. Generalmente, son especies de

árboles coníferas como es el caso del Pino, cedro, ciprés, abeto, etc. Los dos primeros se pueden encontrar en la región andina del Ecuador. (Hervás, 2013)

Maderas duras. Son maderas compactas y tienen poca resina, no presentan mayormente los nudos, los anillos no se pueden diferenciar, ya que están más juntos. Pertenecen a los árboles de hoja caduca los mimos que tienen un crecimiento lento. Entre ellas están El Guayacán Pechiche, el Caimitillo o el Fernán Sánchez que son algunas especies que se encuentran en el Ecuador. Dentro del mercado maderero tienen mayor valor que las maderas blandas. (Hervás, 2013)

2.1.2.1.5 Según el grado de humedad

Maderas verdes: Son maderas recién cortadas con alto grado de humedad (30-35%) puesto que no deben usarse para trabajos, porque al secarse se contraen y se agrietan. (Hervás, 2013)

Maderas desecadas: por procesos naturales reduce en un 10 – 12% el grado de humedad, apilándolas de manera adecuada y permitiendo el libre paso del aire entre las tablas para reducir el exceso de agua. (Hervás, 2013)

Maderas secas: son maderas secadas de forma rápida por métodos artificiales, que reducen hasta el 3% de humedad. Se realizan en hornos para conseguir la dureza y la resistencia deseada. (Hervás, 2013)

2.1.3 Ventajas y desventajas de la madera dentro de la construcción

La madera al igual que cualquier otro tipo material de construcción, presenta varias ventajas y desventajas en cuanto a otros materiales de los cuales se presentan algunas a continuación.

Ventajas

- La madera al ser un material elástico y extremadamente resistente a las tracciones, presenta un excelente comportamiento en zonas sísmicas debido a su poco peso el cual reduce la inercia evitando así la aceleración de la estructura y por ende su colapso.
- En el caso de terremotos la madera por su bajo peso, cede ante las oscilaciones, lo cual no permite que no se derrumbe logrando así tener menor probabilidad de sufrir daños debido al colapso en comparación con otras construcciones hechas en hormigón y acero del mismo tamaño.
- La madera en comparación con otros materiales, presenta una diversidad de especies botánicas, de las cuales hay un sin número de posibilidades estéticas que puede responder a las necesidades de un proyecto, pero sin descartar que estas deben cumplir con las características mecánicas según la función que vayan a cumplir.
- La madera en la construcción regulariza los ambientes interiores gracias a la función de expulsar y absorber la humedad. Además, al ser un buen aislante natural

brinda un clima agradable (en climas fríos retienen el calor y en ambientes más cálidos o calurosos ofrece interiores más frescos) gracias a su inercia térmica que posee, al contrario de otros materiales que están complementados con sustancias sintéticas.

- Tiene una relación resistencia-peso más favorable que el acero, y mucha más favorable que el concreto.
- Según Tique Cañón & others (2016) “la madera es natural, biodegradable, reciclable, aislante y no tóxico; su resistencia, dureza, manejabilidad, propiedades físicas y mecánicas, así como sus posibilidades decorativas, la convierten en un producto ideal para la ejecución de proyectos arquitectónicos vanguardistas”.
- Por ser un material estructural ecológico necesita menor energía para su proceso y causa menos contaminación al aire y al agua con relación a otros materiales.
- La madera por su ligereza genera un ahorro económico en cuanto a los procesos que se emplean y su transporte. Además, el tiempo que se emplea para ejecutar una casa es menor con respecto un sistema de construcción tradicional.

Desventajas

- La madera está expuesta a la intemperie y a la agresión de hongos o insectos si no tiene un tratamiento preservador. La protección de la madera es necesaria puesto de ello depende la durabilidad de la construcción.

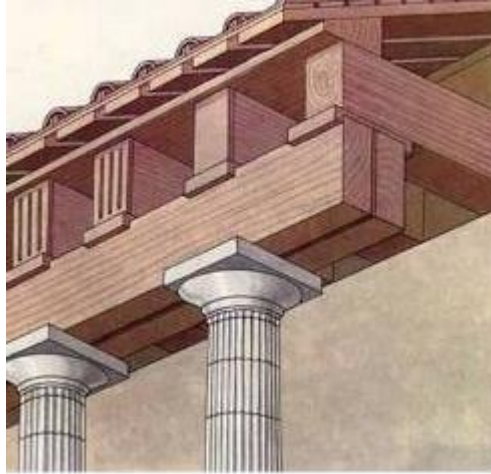
- Por ser un material ortótropo, no poseen un módulo resistencia mecánica igual en todas las direcciones, puesto que varía de acuerdo a dirección de las fibras lo cual puede crear inestabilidad en la estructura.
- Requiere de un diseño casi perfecto para asegurar la resistencia del edificio ente diferentes situaciones ambientales, en constantes cambios debido a factores bióticos o de intemperismo.

2.1.4 Desarrollo evolutivo de la madera en las estructuras.

Según Morocho & Erazo (2014) “la madera ha formado parte, total o parcialmente, de las edificaciones construidas por el hombre, desde el mismo neolítico (8500 a.C.) hasta antes de que empezara a contar con herramientas capaces de cortar para poder trabajar el material. Es probable que uno de los primeros materiales para la realización de refugios eran las ramas secas recolectadas en el suelo junto con las ramas que desgarraban de los árboles. Ya con el transcurrir del tiempo aparecieron los primeros materiales ilícitos tales como el hacha y el cuchillo lo que lo permitían cortar troncos cada vez más gruesos y desbastarlos hasta conseguir un material de construcción cada vez más aceptable y de fácil uso”.

En la época clásica primeras edificaciones en muchas regiones de los países mediterráneos y países escandinavos fueron hechos de madera, lo cual se puede constatar en los principales elementos constructivos (columna y dintel) propios de la madera. (Morocho & Erazo, 2014). Un ejemplo de este caso es templo del Arsenal de Pireo Figura 2

Figura 2. *Tipología de Cubierta en Madera de los Templos Griegos.*

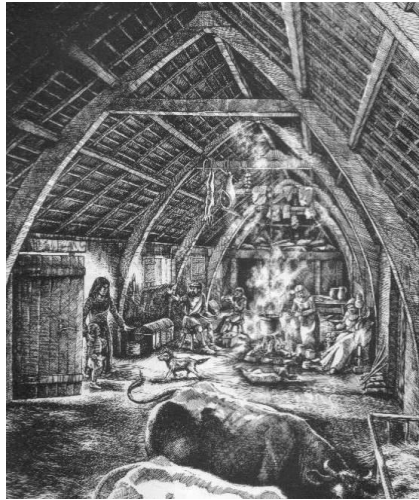


Cubierta Artesanal de Atenas. Fuente: <https://bit.ly/3AiNhPS>

Por parte de los romanos también fueron adquiriendo conocimientos más técnicos como fue del arquitecto Vitrubio en su tratado “De Arquitectura”, considerando el primer pre-dimensionamiento de la madera en la construcción, llegando así a ser utilizada de manera intuitiva para los armazones estructurales. Mientras que los griegos empleaban la madera de más rígida y escueta solo para columna y dintel. (Morocho & Erazo, 2014)

En la época medieval fue el florecimiento de la utilización de la madera como material estructural, ya que estaba presente en la mayor parte de las viviendas construidas. Según Fernández-Villegas (Fernández-Villegas, 1983) “la primera modalidad de la utilización de la madera fue en “crucks Houses”, que eran edificaciones a base de estructuras de madera curvadas desde el piso hasta el tumbado y que soportan el techo. El cual este tipo de estructuras componen de largas vigas de madera, generalmente dobladas hacia adentro, formando el caballete del tejado, de las cuales son aseguradas por una viga horizontal en la parte superior logrando una forma de “A”” como se puede observar en la Figura 3.

Figura 3. *Estructura de Madera Tipo Cruck Home.*

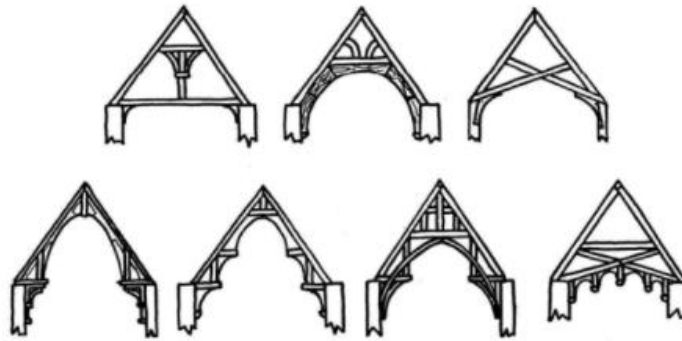


Originado en el Medioevo, antes de la inversión del sistema poste y viga. Fuente:

<https://bit.ly/3tL2Tdo>

En esa época a pesar del limitado conocimiento estructural de la madera, se construyeron diferentes tipos de cubiertas que fueron empleados en las edificaciones góticas y románicas, lo que marco un estilo propio en cubiertas con soluciones estructurales muy óptimas y con acabados estéticamente incomparables a los de otras épocas. La edad media fue un gran aporte en el desarrollo de la madera en estructuras de cubiertas como se aprecia en la Figura 4. (Morocho & Erazo, 2014)

Figura 4. Tipos de Techos de Madera Ingleses.

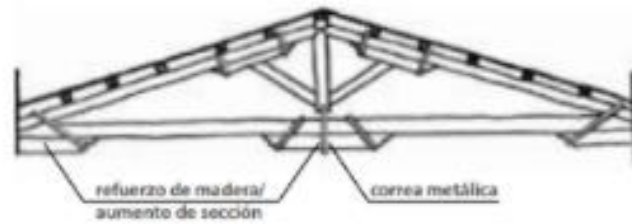


Fuente: (Fernández-Villegas, 1983)

Durante el florecimiento del renacimiento en los países europeos, sobre todo en Italia y Francia la madera fue el material más comúnmente utilizado para techar. Al un material frecuente en los techos, fue en donde empezó a adquirir importancia las armaduras como sistemas estructurales para lograr grandes claros. (Fernández-Villegas, 1983)

Tanto el arquitecto Giorgio Vasari y Andrea Palladio dieron un giro al empleo de la madera en sistemas estructurales, proponiendo esfuerzos a tensión y tracción. Vasari por su parte propuso diversos tipos de empalmes para unir miembros de madera sometidos a tensión y así proyecta una armadura para techar la galería Uffizi en Florencia. Figura 5. (Morocho & Erazo, 2014)

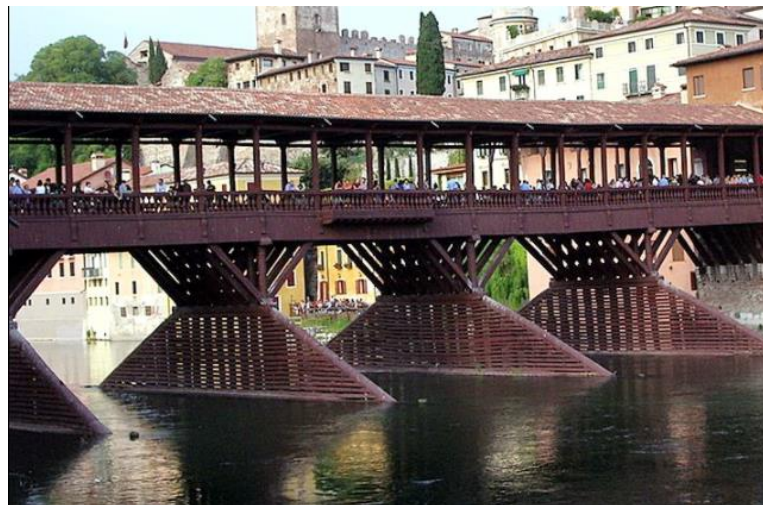
Figura 5. Detalle de la Cercha de Madera de Vasari en Florencia.



Fuente: (Fernández-Villegas, 1983)

Por su parte Palladio, escribió un tratado sobre arquitectura en el cual analiza los usos estructurales de la madera. Además, propuso varios tipos de armaduras, las cuales fueron empleadas en cubiertas y puentes. El puente de los Alpinistas figura 6 que se encuentra en Vicenza (Italia) es la estructura más representativa de estas armaduras. (Morocho & Erazo, 2014)

Figura 6. Puente Degli Alpini en Bassano Del Grappa (Véneto).



Fuente: <https://bit.ly/3nBpENE>

Ya para la época moderna la industrialización del siglo XIX colaboró, notablemente con la optimización de las estructuras en varios aspectos de funcionalidad y estética. La fabricación industrial de clavos redujo las uniones de madera y herramientas como sierra que remplazaban al hacha, dieron paso a la producción de una serie de piezas estructurales mediante procesos mecánicos. Sin embargo, con el adelanto tecnológico y de industrialización hizo que la madera pierda protagonismo en la construcción por el surgimiento de materiales como el acero y hormigón, así también como materiales tradicionales como el caso de los ladrillos de barro. (Morocho & Erazo, 2014)

En el año de 1729 se dio otro factor positivo para el desarrollo de la industrialización de la madera, puesto que el ingeniero Bernard Forest de Belidor publicó el libro “La Science des ingenious” que fue el primer libro con bases científicas en el cual propone nuevas reglas de dimensionamiento para piezas de madera. (Morocho & Erazo, 2014)

Ya en el siglo XIX estas reglas se generalizan y los elementos estructurales adquieren dimensionamientos más esbeltos a comparación de las utilizadas en la antigüedad. (Morocho & Erazo, 2014).

2.1.5 Normativas relacionadas con la construcción de estructuras de madera

2.1.5.1 NEC-SE-MD

Es la normativa que se emplea en todo el territorio ecuatoriano, establece las disposiciones que deben aplicar toda persona natural o jurídica dedicadas a la construcción con madera del mismo modo para los proveedores de madera estructural.

Según NEC (2011) “Esta Norma establece las regulaciones sobre características de forma, tamaño, calidad y tipo, así como las condiciones mínimas de uso de la madera, para garantizar una mayor vida útil y un grado mínimo de seguridad, para los usuarios de las edificaciones “.

2.1.5.2 CTE-BD-SE-M

Denominado el código técnico de la edificación, documento básico, seguridad estructural, madera y es el que verifica la seguridad de los elementos estructurales de la madera en la edificación. Además, tratan aspectos relativos a la fabricación, montaje, control de calidad, conservación y mantenimiento como medidas necesarias que deben cumplir en concordancia con las bases de cálculo.

2.1.5.3 Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de madera

Estas disposiciones de esta norma son aplicables a elementos estructurales de madera aserrada de cualquier especie, cuya densidad relativa promedio, sea igual o superior a 0.30, y a elementos estructurales de madera contrachapada.

2.1.5.4 Norma E.10 Madera

Esta norma pertenece a Perú la misma que establece los requisitos mínimos para los materiales, análisis, diseño, construcción y mantenimiento de las edificaciones de madera de carácter permanente. Y se aplica a las edificaciones cuya estructura sea íntegramente de madera como a las construcciones mixtas, cuyos componentes de madera se combinen con otros materiales.

2.1.5.5 Normas NSR-98

Esta Norma corresponde a Colombia el cual establece los requisitos para el diseño y construcción de edificaciones de madera. Al construir con esta normativa tendrá un nivel de seguridad comparable a los de edificaciones de otros materiales que cumplan los requisitos de este reglamento.

2.2. Patologías en las estructuras de madera.

2.2.1 Concepto

Según Jelpe & Padilla (2009) “patología se le define como la parte de la ingeniería que estudia los síntomas los mecanismos, las causas y los orígenes de los defectos de las obras civiles, o sea, es el estudio de las partes que componen el diagnóstico del problema”.

“La patología abarca muchos ámbitos como la arquitectura podemos referirnos a la patología de la piedra, de fitopatología en el mundo vegetal, de psicopatología cuando hablamos de conductas alteradas individuales y de patología social cuando atribuimos las conductas alteradas a grupos sociales” (Herrero, 1984).

En adelante cuando hablemos de patología, nuestras descripciones se centrarán en las alteraciones de las estructuras de madera para lo cual nos interesa conocer el término de patología estructural.

Patología Estructural. Según Cortes Henao & Perilla Morales (Cortes Henao & Perilla Morales, 2017) “se entiende como patología estructural al estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas, buscando detectar sus causas y proponer acciones correctivas o su demolición”.

Debido a que la diversidad de las patologías es infinita difícilmente se logra determinar de manera correcta el motivo de los daños que poseen las estructuras.

Astorga & Rivera (2009) las patologías pueden aparecer por tres motivos:

Por Defectos, son aquellas relacionadas con las características intrínsecas de la estructura. Pueden ser causadas por un mal diseño, una errada configuración estructural, una construcción mal elaborada o materiales de calidad deficiente que no cumplen especificaciones de la Norma Técnica de construcción.

Por Daños, son las que se manifiestan durante y/o luego de la incidencia de una fuerza externa a la edificación. Los daños pueden ser causados por un fenómeno natural, como un sismo, inundación, deslizamiento de tierras, entre otros. Aunque otro motivo posible podría ser el caso en el que la estructura se viera obligada a soportar una carga para la cual no fue diseñada, es decir, una sobrecarga.

Por Deterioro, una estructura puede estar debilitándose o en proceso de deterioro cuando se ven expuestas a la intemperie, al contacto con sustancias químicas presentes en el agua o en el aire.

Patologías en estructuras de madera. Para los autores Bustos Molina & Bonfante Polo (2014) las patologías en la madera hace referencia a las enfermedades que puede sufrir, la cual puede ser causada por distintos agentes, como pueden ser bióticos o abióticos que influyen directamente en las propiedades físicas y mecánicas de los elementos afectados. Para prevenir los ataques de los agentes patógenos a las estructuras es necesario seguir ciertas recomendaciones de protección.

2.2.2 Tipos de patología

Para poder saber los distintos tipos de patologías que se pueden presentar en estructuras de madera, debemos entender la tipología de enfermedades que aparecen y afectan a los elementos estructurales. De acuerdo a (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001) podemos identificar 4 familias de procesos patológicos que afectan a los elementos en función a su carácter, es decir, al tipo de acción que lo provoca y de la propia evolución del proceso. De esta manera los autores mencionan de los siguientes procesos.

2.2.2.1 Procesos Mecánicos: Normalmente, estos procesos surgen como consecuencia de la función de soporte de los elementos estructurales afectando de manera global al sistema, las mismas que pueden ser producidas por sobrecarga o de fuerzas externas e internas. Las consecuencias de los procesos mecánicos son las deformaciones, grietas, hundimientos, roturas, erosión, etc. (Broto & Mostaedi, 2005)

2.2.2.2 Procesos Físicos: Es la consecuencia de la acción combinada de los “meteoros” atmosféricos es decir al fenómeno natural no permanente que se produce en la atmósfera, tales como la lluvia, el viento, los rayos, el arco iris, etc. Es más intensa cuando hay cambios bruscos de temperatura y cuando mayor es el índice de absorción. Las lesiones que pueden provocar son las humedades, la suciedad, erosiones atmosféricas, entre otros. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.2.2.3 Procesos Químicos: Se produce por la consecuencia de reacciones químicas o por contaminantes químicos cercana al área de la estructura, estos se unen con los agentes meteorológicos para complementar su acción con el ataque químico a los materiales pétreos. Las

lesiones que provocan son la corrosión, oxidación, erosión química, erosión biológica, entre otros. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.2.2.4 Procesos Constructivos: Se producen de manera indirecta ya sea por errores del proyecto, errores de ejecución, defectos en los materiales o errores de uso y mantenimiento encaminando a la presencia de enfermedades en sus elementos. (Morocho & Erazo, 2014)

Con lo expuesto anteriormente de los procesos patológicos que pueden presentar en las estructuras, daremos a conocer los distintos tipos de patologías que afectan a la madera.

2.2.2.1 Patologías mecánicas en estructuras de madera.

“La madera estructural al igual que el hormigón está propensa a sufrir deterioros debido a factores que pueden afectar la estabilidad y la resistencia, y generando problemas mucho antes de lo previsto” (Parra & Vásquez, 2014).

Entre los fallos estructurales en la madera se pueden citar los siguientes grupos:

2.2.2.1.1 Sección Insuficiente: Normalmente, son ocasionados por cargas mayores que las del diseño o por aumento de cargas con respecto al origen de la estructura, provocando que el elemento se deforme considerablemente y pueden ser muy notorias, en ocasiones pueden llegar a la ruptura debido a las deformaciones. (Cabrera Rodríguez & Plaza Cantos, 2014).

En el caso de las columnas de madera el elemento con una sección insuficiente puede pandearse horizontalmente. Así mismo, puede fallar por aplastamiento o una combinación de ellos; esto dependerá también de la esbeltez de la pieza. (Morocho & Erazo, 2014).

Para (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988) la sección transversal crítica (STC) es igual

a:

$$STC = h \times b$$

Y la sección transversal neta (STN) es igual a:

$$STN = (h \times b) - (a \times b)$$

En la figura 7 se observa que la viga está deformada considerablemente debido a las cargas excesivas.

Figura 7. Deformación de la Viga debido a una Sección Insuficiente.



Fuente: (Parra & Vásquez, 2014)

2.2.2.1.2 Deformación por efecto de la madera húmeda. Una de las principales causas de la deformación es el porcentaje de agua que posee la misma, puesto que la deformación varía de acuerdo a la cantidad de humedad que presenta la misma. La madera al ser un material

proveniente del organismo vivo e higroscópico se adapta su contenido de humedad al medio que se encuentre actuando. (Morocho & Erazo, 2014)

Figura 8. Deformación por Humedad de la Madera.



Fuente: <https://bit.ly/33KdNFZ>

2.2.2.1.3 Rupturas locales, propias de las piezas afectadas. Esta patología está relacionada con la pérdida de resistencia por la presencia de nudos o grupos de nudos. La presencia de estos provoca en algunos casos deformaciones o rupturas, por lo que si se presenta en situaciones donde la deformación es exagerada, la intervención deberá ser de manera inmediata. (Morocho & Erazo, 2014)

Figura 9. Presencia de Nodos en Estructuras.



Fuente: Propia

2.2.2.1.4 Agrietamientos: “Esto por lo general ocurre debido a la contracción del elemento, que es el producto de la pérdida de humedad que se genera en la interacción de la madera con los agentes atmosféricos” (Cortes Henao & Perilla Morales, 2017).

Figura 10. Agrietamiento.



Fuente: Propia

2.2.2.2. Patologías físicas en estructuras de madera.

En las estructuras de madera las patologías físicas se pueden presentar por seres de origen abiótico como biótico, causando daño, las mismas que pueden afectar la estabilidad de los distintos elementos estructurales.

2.2.2.2.1 Agentes Abióticos.

Los de origen abióticos son los que pueden producir los agentes meteorológicos (radiación solar y la lluvia) en los elementos estructurales. Para Monjo Carrió & Maldonado Ramos (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001) “son las que, sin tener relación alguna con la acción de los seres vivos, contribuyen a la degradación de la madera o a su vez evitan estar en buenas condiciones para mantener su capacidad de resistencia”.

Deformaciones de la madera. La madera cuando es cortada es verde, teniendo una humedad relativamente alta, al momento de secado produce contracciones radiales y tangenciales haciendo que la madera experimente alteraciones en su forma. Muchas de las veces la madera no tiene un adecuado secado lo cual produce deformaciones irregulares en las piezas (curvaturas). En la construcción se puede tolerar ciertas contracciones debido a la humedad del ambiente. Las variaciones permitidas en interior son de 10 mm por metro mientras que en exteriores 13 mm por metro así lo menciona (Reyes & Zaruma, 2017)

Fuego. Se puede denominar dos conceptos diferentes que es la combustibilidad y la resistencia o comportamiento frente la acción del fuego. La primera referida a la medida de facilidad con la que una sustancia o material se incendia ya sea por acción del fuego o combustión,

la segunda al tiempo que tarda en perder alguna de las cuatro propiedades fundamentales que son estabilidad mecánica bajo carga normal, estanquidad a las llamas, aislamiento térmico y no emisión de gases tóxicos o inflamables (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001).

Una estructura después de sufrir un incendio puede ser recuperada o reutilizada siempre y cuando la pérdida de sección no es muy elevada. Pero hay considerar la pérdida de sección ya que esta modifica la calidad estructural. Los puntos más críticos después de un incendio son las uniones en especial las que utilizan elementos metálicos que merecen una inspección más detallada para conocer su estado (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Figura 11. Acción del fuego en la madera.



Fuente: Propia

Cambios de Humedad. Según Monjo Carrió & Maldonado Ramos (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001) “la madera el agua está repartida en tres niveles diferentes: agua libre en los huecos tubulares de las células, agua de constitución y el agua de imbibición”. Está última

si la humedad del ambiente varia, origina los fenómenos conocidos como merma e hinchazón. Y en caso de que las condiciones higrotérmicas del ambiente son demasiado fuertes puede variar las dimensiones volumétricas debido a las tenciones que se producen entre las fibras, además pueden generar fendas. El contenido de agua varía de acuerdo a la humedad del ambiente, el cual puede afectar la propiedades físicas y mecánicas, sobre todo a su volumen. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Daños producidos por la radiación solar. Esta actúa mediante de los rayos ultravioletas e infrarrojos y su acción se encuentra en la superficie de la madera de manera lenta sobre la lignina, el cual degrada y hace perder las características de resistencia, lo cual se puede identificar visualmente por un oscurecimiento de la madera denominada fotodegradación, y a la aparición de grietas superficiales, causada por la diferencia de humedad entre la zona superficial y la zona interior (Arbelo & Garbuyo, 2012).

La aparición temprana o tardía de las fendas es provocado por la acción de los rayos infrarrojos la cual es desfavorable para la protección superficial. Los rayos del sol también se combinan con la lluvia produciendo deslavado de la madera, arrastrando a la lignina y otras sustancias degradadas por la luz. (Arbelo & Garbuyo, 2012)

Daños ocasionados por la lluvia. La acción lluvia provoca lo inverso al que ocasiona los rayos infrarrojos. Además, provoca un aumento de la humedad sobre la madera originando tenciones superficiales que conducen a la aparición de fendas. Si se incorpora una protección superficial a la madera esta durará bastante tiempo a la acción exterior provocada por el agua mientras no alcance el soporte de la madera, pero si la protección se aplica sobre una superficie

que ha estado expuesta a la acción de la lluvia su duración será menor ya que el agarre de la película es inferior con respecto a la que no ha estado expuesto. (Arbelo & Garbuyo, 2012)

2.2.2.2.2 Agentes Bióticos

Son todos aquellos seres vivos cuyo hábitat es la madera, o se alimentan de ella, atacándola y debilitándola. Para que exista un ataque de agentes biológicos depende de algunas condiciones tales como la fuente de material alimenticio, temperaturas de 3° a 50° (óptimo 37°), Humedad entre el 20% y el 50%, y una fuente suficiente de oxígeno para la subsistencia de macroorganismos (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Para EFRÉN (2014) “la intensidad y el modo de ataque es diferente para cada agente xilófago y resulta de gran interés estimar la gravedad del daño y la evaluar la pérdida de capacidad portante producida”.

Hongos. Tanto la humedad, la temperatura y fuentes de sustancias alimenticias son condiciones básicas ambientales que necesitan los hongos para desarrollarse. Los hongos para tener un crecimiento acelerado necesitan una temperatura de 25°, pero se puede decir que a temperaturas menores de 3° y mayores a 38°, para su gran mayoría no es posible su desarrollo. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Existe una gran variedad de hongos los cuales se pueden agrupar según los efectos que producen sobre la madera: Mohos, Hongos cromógenos y hongos xilófagos. Los primeros son hongos incoloros con una apariencia de algodón fino y su desarrollo es de forma adosada a la madera en sus cavidades celulares y en la superficie. Estos se alimentan sólo de la materia que se encuentran en los huecos de la madera lo cual no causa daño a la estructura celular por lo que no

provoca disminución de la resistencia de la madera. En cuanto a los cromógenos los cuales provocan una coloración azulada, en otros casos pueden ser parda, rojiza, amarilla o verdosa. Atacan tanto a frondosas como a coníferas. Los cromógenos no son tan inofensivos siempre que volumen atacado de madera sea inferior al 25%, el cual no produce disminución apreciable de la capacidad de resistencia de la madera. A diferencia de los dos primeros grupos el ataque de los hongos xilófagos hay que considerar peligrosos para la seguridad de la estructura puesto que son capaces de ablandar la celulosa y la lignina mediante la segregación de sustancias q les permiten alimentarse, esto provoca la descomposición bioquímica o pudrición de la madera (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001).

Figura 12. Ataque de Moho en la Madera.



Fuente: (Reyes & Zaruma, 2017)

Figura 13. Ataque de Hongos Cromógenos.



Fuente: (Reyes & Zaruma, 2017)

En los hongos se pueden dividirse principalmente en dos tipos: los de pudrición blanda o fibrosa (atacan a las coníferas), se nutren de la lignina, dejando las células blancas provocando que se rompan las fibras y los de pudrición parda o cúbica (atacan a las frondosas) estas en cambio se nutren de la celulosa dejando la lignina, con un color pardo oscuro y la madera se degrada en forma de cubos. Se puede subdividir en pudrición seca en maderas con bajo porcentaje de humedad y de pudrición húmeda en maderas por un porcentaje alto de humedad. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Figura 14. Presencia de Hongos Xilófagos, Pudrición Blanca o Fibrosa.



Fuente: <http://massim.es/hongos-de-lamadera/> (Consultado: 28 de marzo del 2017).

Figura 15. Presencia de Hongos Xilófagos, Pudrición Parda o Cúbica.



Fuente: <http://blog.simbolocalidad.com/> (Consultado: 28 de marzo del 2017).

Insectos. En la madera se pueden encontrar muchas especies de insectos viven de la madera o en la madera con distinto grado de afección. Se pueden agruparse de acuerdo a la actividad que

desarrollan o el grado de agresividad del ataque que producen en tres tipos: Xilófagos, Parásitos y Moradores (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

- **Xilófagos.** - Las sustancias nutritivas de la madera son la fuente de alimentación de estos hongos y son muy perjudiciales. De acuerdo a su origen y forma de ataque existen dos tipos: **los coleópteros** de los cuales las hembras en el fondo de la madera depositan huevos, poco más tarde las larvas al crecer generan galerías en el interior paralelas a las fibras por su parte los adultos para poder salir a la superficie abren orificios. Los principales coleópteros son las carcomas y la polilla. Los primeros atacan a las maderas frondosas como a las coníferas. Las larvas para desarrollarse requieren una humedad superior al 60% puesto que un ambiente seco es una gran protección: Las polillas a diferencia de la carcoma atacan solo a determinadas especies de frondosos con condiciones de humedad baja y vasos con diámetro mínimo de 0.07mm. Su detección es difícil debido a que para su identificación se tiene que esperar que los machos empiecen a realizar orificios hacia la superficie.; y **los Isópteros**, termitas y termites forman colonias parecidas a la de las hormigas las mismas que no hacen orificios porque tiene fobia a la luz debido a esto provoca que la plaga se detectada cuando los daños son irreversibles o estén en circunstancias críticas. Las termitas anidan en la tierra con temperatura y humedad moderada constantes y siempre atacan en galerías subterráneas. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

- **Paracitos.** - Son insectos que viven a costa de los xilófagos generalmente viven de las larvas o a veces de los adultos, no representan peligro para la madera, pero si la presencia de xilófagos. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)
- **Moradores.** – Se anidan en la madera en los huecos generados por la pudrición o por acción de xilófagos. Su alimentación no es de la madera como tal puesto que no representa gran gravedad, el pequeño perjuicio que podría ocasionar es al construir sus nidos. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Figura 16. Madera afectada por organismos xilófagos.



Fuente: Propia

Xilófagos marinos. Afectan a las maderas que se encuentran en contacto continuo con el agua de mar. Hay una gran variedad de moluscos y crustáceos que su fuente de alimento son los componentes de la madera los mismo que producen grietas y por consiguiente reducen la sección de resistencia. La especie de la madera, la especie de molusco o crustáceo atacante, las condiciones

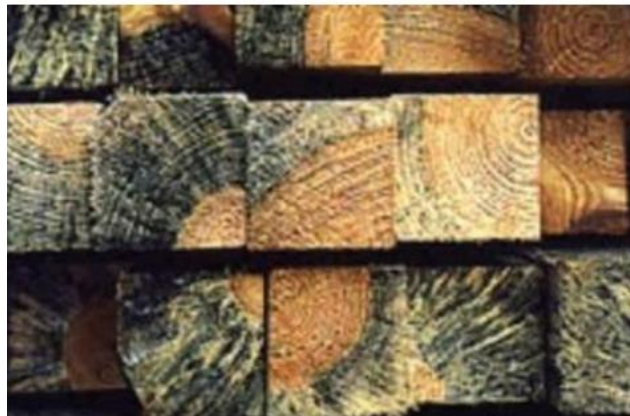
de temperatura, salinidad entre otros son los que definen la gravedad de los daños. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Otros. Existen otros seres vivos que buscando cobijo en el interior de la madera atacan a ella tales como algunas especies de aves y de roedores, su eliminación no requiere de tratamientos generales que afecten todo o gran parte del edificio. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.2.2.3 Patologías químicas en estructuras de madera.

Degradación Química: La madera puede estar afectada sustancialmente en casos aislados con presencia de fuerte ácidos o bases. Estas últimas perjudican a la celulosa como a la hemicelulosa provocando pérdida de resistencia y sección mientras que los ácidos tienen un color oscuro con un aspecto similar a la dañada por la causa el fuego. Además, estos no entran directamente en contacto con estructuras de madera a menos que ocurran derrames accidentales (Broto & Mostaedi, 2005).

Figura 17. Degradación química.

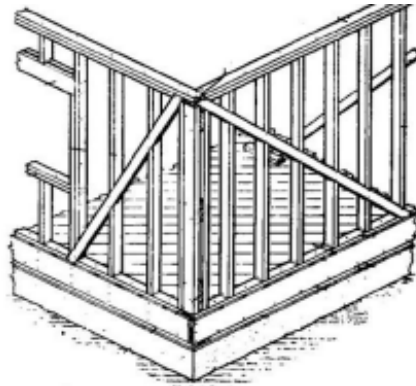


Fuente: <https://bit.ly/3LNBAWA>

2.2.2.4 Patologías relativas al proceso constructivo

2.2.2.4.1 Arriostramientos Insuficientes: este efecto se refleja en estructuras de más de una planta con pilares y cubiertas de madera. En un sistema de arriostramiento ineficiente en una construcción puede producir asentamientos notorios al no encontrar elementos que sirvan de soporte. En otros casos se tiene un sistema de arriostramiento en la estructura con poca rigidez lo que también conlleva a la falla, porque si la esbeltez es escasa, lo hace prácticamente nula o inútil. (Cabrera Rodríguez & Plaza Cantos, 2014)

Figura 18. Estructura Arriostrada.



Fuente: (Parra & Vásquez, 2014)

2.2.2.4.2 Excentricidad por mala distribución de cargas: La excentricidad es la distancia o el desplazamiento que existen entre las fuerzas con respecto a los apoyos. Es decir, si una carga no es aplicada directamente sobre el centro de la columna, existe una excentricidad. (Morocho & Erazo, 2014)

Este desplazamiento puede generar complicaciones en las estructuras, las mismas que pueden generar momentos adicionales y dichos esfuerzos debilitan al elemento. (Morocho & Erazo, 2014)

Figura 19. Excentricidad en pórticos.



Fuente: (Arbelo & Garbuyo, 2012)

2.2.2.4.3 Uniones: Al tener un mal diseño de las uniones conlleva a tener puntos críticos en una estructura, puesto que pueden ocasionar aplastamientos, fisuras, roturas o aberturas en los ensambles y uniones de las estructuras. (Parra & Vásquez, 2014)

Figura 20. Uniones mal diseñadas.



Fuente: Propia

2.2.2.4.4 Errores Tipo A: Son errores humanos como consecuencia de la inexperiencia profesional, negligencia o mala interpretación de las normas técnicas, o por errores simples. Según Morocho & ERAZO (2014) para evitar estos inconvenientes se debe tener en cuenta las siguientes áreas:

- **Procesos técnicos:** Que están encargados en definir los procesos constructivos con un análisis de cada punto que va a ser abordado en la construcción.
- **Organización de trabajo:** Precisan una especificación de esquemas para una mejor comprensión del obrero.
- **Área de comportamiento humano:** que hace referencia a la interacción en cliente y contratista para una plena ejecución de la obra.

2.2.2.4.5 Errores de Tipo B. Son los que por tener un inadecuado cono cimiento o una inapropiada aplicación dentro de la obra. Para ello se debe adquirir conocimiento sobre vulnerabilidad de componentes y la rigidez del sistema estructural (Morocho & Erazo, 2014).

2.2.2.4.6 Errores de Tipo C. Estas son causas de fracaso por una resistencia baja, junto con la sobrecarga en los elementos estructurales a largo plazo. Como, por ejemplo: si una construcción es diseñada para una vivienda unifamiliar, pero con el tiempo es cambiar para ser un negocio altamente transitado. Según (Morocho & Erazo, 2014)

2.2.3 Tipos de lesiones en una patología.

Se entiende por lesión a toda manifestación observable de un problema constructivo o se trata de un síntoma o un efecto de un proceso patológico. El mismo que tiene una causa inicial, un desarrollo evolutivo y un resultado final. (Brotóns, 2013)

Las lesiones se dividen en primarias las que surgen en primera instancia y secundarias las lesiones que aparecen como consecuencia de las primarias. Un ejemplo en una estructura de madera es cuando la estructura está en contacto con la humedad que es una lesión primaria provocado por agentes ambientales, lo cual ayuda a la presencia de hongos el cual provocaría otra lesión (secundaria).

No reparar inmediatamente lesiones o las fallas pueden acabar degradando el elemento afectado. En la tabla 1 podemos apreciar las lesiones más frecuentes en un proceso patológico, además, las causas más comunes que las originan.

Tabla 3. Lesiones de Cada Proceso Patológico y sus Causas.

Proceso Patológico	Lesión	Causa
Físico	Humedad	Lluvia
	Suciedad	Viento
	Erosión Atmosférica	Heladas
	Pudrición	Cambios Térmicos
	Infección	Presencia de Insectos
		Presencia de Hongos
Mecánicos	Grietas	Cargas
	Fisuras	Empujes
	Desprendimientos	Impactos
	Erosión Mecánica	Rozamientos
Químico	Organismo	Humedad
	Erosión Química	Contaminación
		Organismos
Constructivos	Excentricidad	Errores del Proyecto
	Uniones	Errores de Ejecución
		Defecto de los Materiales
		Errores de Uso y Mantenimiento

Fuente: Propia

Según Jelpe & Padilla (2009) “la ejecución de una reparación puede tener como posible procedimiento de reconocimiento, técnica que emplea las etapas de encontrar el deterioro, determinar la causa, evaluar la resistencia de la obra, evaluar las reparaciones, elegir y proponer un método de reparación”.

2.3. Ambientes y factores patológicos en las estructuras de madera.

Con lo anterior expuesto se puede decir que la presencia de una patología está dada por algunos tipos factores, los mismo que se dan por la exposición a diferentes ambientes que terminan por afectar a las estructuras.

Los diferentes ambientes y factores que pueden afectar a las estructuras de madera, describiremos a continuación.

2.3.1 Ambientes naturales

La acción del medio ambiente o conocida también como la agresividad del medio ambiente en estructuras civiles, depende de las condiciones medioambientales que lo rodean, los cuales dan paso a procesos de deterioro en la estructura. Para determinar su agresividad del ambiente se consideran 3 factores: el macro clima (relaciona las condiciones atmosféricas generales de la localización de la estructura), clima local (el clima que rodea la estructura dentro de una distancia de 100 m a 10000m horizontal y de 100 m a 1000 m vertical) y el micro clima (medio ambiente más próximo a la estructura) (Bedoya Villacreses, 2010).

También existen agentes diferentes al clima que pueden afectar la durabilidad de la estructura, como es el caso del smog o aire poluto (automóviles y fábricas grandes), lluvias ácidas,

presencia de agua no planificada en el diseño, presencia de sales en el ambiente, etc., (Bedoya Villacreses, 2010) clasifica la acción del medio ambiente en una estructura de la siguiente manera.

2.3.1.1 Ambiente débil. Hace referencia a ambientes exteriores donde la humedad no supera el 60%, también se considera a ambientes interiores de las edificaciones de viviendas, oficinas, dormitorios entre otros, donde no exista la posibilidad de sufrir cambios continuos de humedecimientos y secados o de congelamientos y deshielos. (Vaca Cañas, 2020)

2.3.1.2 Ambiente moderado. La humedad relativa de este ambiente está entre el 60% y el 98% y puede ser producido por vapores de aguas temporales como son los baños, cocinas, lavanderías, etc. Este tipo de ambientes también se encuentran en zonas expuestas a humedad, donde la estructura sufrirá cambios continuos de humedecimiento y secado. En lugares de la edificación que tengan contacto con agua dulce en movimiento o en suelos ordinarios pero estos últimos sin contacto de componentes químicos. (Bedoya Villacreses, 2010).

2.3.1.3 Ambiente severo. Según Bedoya Villacreses (2010) “son ambientes con humedades del 60% y el 98%, con presencia de agentes degradantes, como el hielo de agua dulce, agentes de deshielo (sales), ambientes marinos o industriales, condensación de gases contaminantes y contacto con suelos con componentes químicos o contienen sulfatos solubles”.

2.3.1.4 Ambiente muy severo. Para Bedoya Villacreses (2010) “hace relación a zonas industriales, marítimas, congeladas y zonas donde la estructura va a estar expuesta a salpicaduras o sumergimiento en agua de mar con una cara expuesta al aire libre, elementos en aire saturados de sal”. Además, Vaca Cañas (2020) menciona que “al estar expuesto directamente a líquidos con pequeñas cantidades de ácidos, ambientes salinos o suelos agresivos”

2.3.2 Ambientes constructivos

En el ambiente constructivo se hace referencia a todas las actividades que se ejecutan en una obra, puesto que una patología no se da solo por razones de los materiales. Los daños alteran la vida útil de las edificaciones al no ser intervenidos en el momento justo.

Según Barona Díaz & Sánchez Rodríguez (2005) “el 60% de las patologías que experimentan las edificaciones tienen origen en las etapas de diseño y ejecución, y son defectos con los que comienza la vida útil del inmueble”.

Para Hernández (2014) “las patologías proceden en mayor porcentaje a errores de mano de obra, falta de inspección, errores de supervisión”. Además, Hernández (2014) menciona “que los errores de mano de obra son también comunes por la falta de materiales o el uso inadecuado de estos”.

Refiriendo principalmente a las fallas provocadas por errores humanos describiremos algunos aspectos:

2.3.2.1 Falta de fiscalización. En la construcción de edificaciones se requiere cumplir algunas exigencias de la normativa, debido al mismo el constructor tiene que cumplir una serie de controles de calidad, los mismos que tiene que estar bajo una supervisión técnica externa. Las patologías ocasionadas se pueden generar por la inexperiencia del profesional, negligencia o mala interpretación de las normas técnicas dando paso a las futuras patologías.

2.3.2.2 Falta de Mantenimiento. El mantenimiento de una estructura es una actividad que se debe tener en cuenta desde el diseño hasta su etapa final, puesto que está es una de las causas más frecuentes por la que se presenta patologías.

En las estructuras de madera por la falta de mantenimiento pueden estar más expuestas a patologías tanto origen biológico como ambiental, como por ejemplo si una madera no es curada puede estar expuesta a insectos xilófagos los cuales pueden degradarla hasta lesionarla o llegar a su fracaso.

2.3.3.3 Malas prácticas constructivas. Dentro de todos los procesos de construcción los ingenieros, arquitectos, albañiles, peones, etc., están relacionados con un eficiente control de calidad, puesto que si hay una mala mano de obra que uno de ellos se obtendrá un mal producto y por ende puede desencadenar un principio de una patología.

En cuanto a estructuras de madera al ser un material natural depende bastante de su estructura. Que para su montaje y uniones necesitan ser precisos, ya que es allí donde se producen los errores de mano de obra, donde se puede encontrar uniones mal diseñadas o hechas, falta de homogeneidad, piezas con un incorrecto montaje y malformaciones de la pieza como tal.

Según la norma NCh1198:

En las uniones las cargas admisibles de un medio de unión, que se deriva de un ensayo normalizado de una unión representativa, considerando un factor de ajuste 2,5 con respecto a la carga característica. La carga característica es al menos el 95% de las probetas ensayadas.(INN, 1977)

Las uniones se deben ensamblar de modo que las superficies de las piezas queden en pleno contacto. Las estructuras que se construyen con madera con un contenido de humedad mayor que 19% deben ser inspeccionadas regularmente en intervalos de tiempo que no excedan de seis meses, hasta que resulte aparente que las contracciones en la madera son despreciables (INN, 1977)

La unión de barras de enrejado se debe materializar en la forma más centrada posible. En el caso de uniones clavadas y con placas dentadas las tensiones que se induzcan debido a excentricidades necesitan ser verificadas si la excentricidad excede la mitad de la altura del cordón (INN, 1977)

En los puntos de empalmes se debe asegurar el traspaso de los esfuerzos internos por medio de cubrejuntas y medios de unión. Las cubrejuntas deben poseer a lo menos las propiedades estáticas de la pieza flexionada, en el punto de empalme. (INN, 1977)

Los empalmes y uniones se deben materializar respetando la simetría con respecto al o los ejes del elemento traccionado. Adicionalmente, las piezas laterales que queden solicitadas excéntricamente se deben diseñar para 1,5 veces la fuerza de tracción correspondiente. (INN, 1977)

2.3.3 Factores químicos

La madera por sus grandes características de resistencia a un sin número de agentes compuestos de químicos se suele ocupar para ejecutar edificios que guardan productos químicos, también como material para hacer depósitos o contenedores para estos productos.

Para AITIM (AITIM, 2011) la resistencia de la madera puede ser modificada por los compuestos químicos de dos maneras distintas:

Agrandan sus dimensiones el cual es producido por el aumento del contenido de humedad provocando que las propiedades de resistencia disminuyan, esta acción es reversible. Los productos que incitan a esta modificación son el agua, alcoholes y otros líquidos orgánicos que no reaccionan químicamente con la madera.

Genera cambios en los elementos estructurales permanentes e irreversibles ya que modifica sus componentes como la deslignificación de la madera, oxidación de sus componentes y disolución de la hemicelulosa.

Según AITIM (2011) “los álcalis disminuyen las propiedades de la madera al provocar la disolución de la lignina y de la hemicelulosa. Mientras que los ácidos producen la hidrólisis de la célula de la madera, causando una pérdida permanente de su resistencia mecánica”. Además, dice que las soluciones alcalinas son más destructoras que las soluciones ácidas y las frondosas son susceptibles a ser atacadas, puesto que las coníferas tienen mayor resistencia parecida a los aceros especiales.

2.3.4 Factores físicos

Los agentes físicos son aquellos que pueden ser tanto de origen biótico como abiótico las cuales pueden generar enfermedades en la estructura dando paso así a las distintas patologías, en el siguiente apartado nombraremos los siguientes:

2.3.4.1 Radiaciones Solares. Las radiaciones solares o luz solar están constituidos por un amplio espectro de radiaciones de las cuales se puede dividir en tres clases:

- **Radiaciones ultravioletas.** Es tan solo el 5% de la luz solar. En la madera activa reacción foto-demoledora de la lignina que permite el agrietamiento de la madera. En caso de la madera clara producen un color amarillento oscuro debido a la degradación de la lignina, mientras que en madera oscura hay una decoloración de

la madera debido a la degradación de las materias extractivas que son la base de la coloración de la madera (AITIM, 1998)

- **Radiaciones visibles.** Es el 45% de la luz solar. Al igual que las radiaciones ultravioletas producen la misma reacción, pero estos no tienen la suficiente energía para romper las uniones de los grupos químicos. (AITIM, 1998)
- **Radiaciones Infrarrojas.** Es el 50% restante de la luz solar y es la que transporta el calor y a través del que se aceleran todos los fenómenos de degradación. Estos aceleran el proceso químico foto-demoledor activado por las dos radiaciones anteriores. (AITIM, 1998)

2.3.4.2 El agua. La presencia de agua en los elementos estructurales de la madera causa deterioro que provocan que el material acorte su vida útil. El agua en todas sus formas que se presenta (lluvia, humedad, niebla, condensación nocturna), afectan en la madera causando los siguientes problemas: hinchazones o encogimientos, ataque de hongos, ataque de insectos entre otros. (AITIM, 1998)

2.3.4.3 El Fuego. Al igual que las estructuras de otros materiales la madera está expuesta a sufrir daños al estar expuesta a la acción del fuego. La madera al estar expuesta a temperaturas superiores a los 120 °C comienza el proceso de deterioro químico generando carbón y gases inflamables. En estructuras pesadas el fuego debilita de manera progresiva y lenta, pero en estructuras ligeras debilita de manera rápida pudiendo llevar a la estructura a su colapso (Parra & Vásquez, 2014)

2.3.4.4 Hongos. Los hongos también son un problema en las estructuras de madera, el desarrollo y el crecimiento de estos se da por factores tales como la temperatura, el oxígeno, la humedad, la luz y la especie y el tipo de madera. Para AITIM (1998) estos se pueden dividir en dos grupos según el daño provocado en:

- **Hongos Cromógenos:** Producen alteraciones de color en la madera, sin embargo, no alteran las características de la resistencia mecánica, porque se nutren de sustancias internas de las células sin atacar las paredes celulares (AITIM, 1998).
- **Hongos xilófagos:** A diferencia de los anteriores estos se nutren de las paredes celulares provocando destrucción completa de la madera. Son muy peligrosos debido a que causan una pérdida a la resistencia mecánica de la madera (AITIM, 1998).

2.3.4.5 Insectos xilófagos. Los insectos xilófagos se alimentan exclusivamente de la madera almacenada como es el caso de las estructuras de madera. Estos producen mayor daño en la etapa de crecimiento. El ataque consiste en perforaciones de galerías que pueden conducir a la destrucción de la misma, ya que causan pérdida de resistencia mecánica en la madera (Parra & Vásquez, 2014)

2.3.5 Factores propios del material.

La madera al ser un material natural son todos diferentes, cada uno pueden presentar diversas anomalías ya sea de manera orgánica (crecimiento natural del árbol) o comercial (manipulada por el hombre para la comercialización).

A continuación, se presentan algunos factores o defectos propios de la madera:

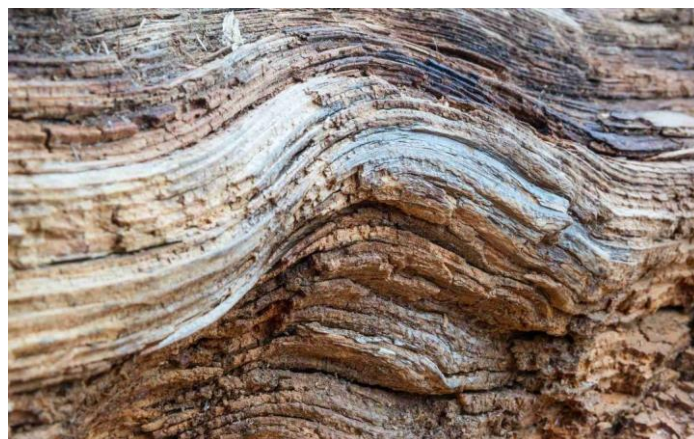
2.3.5.1 Defectos por evolución. En su desarrollo la madera puede presentar algunos defectos los cuales se analizan de acuerdo a la evolución de las fibras y al crecimiento anual que solo se pueden ver haciendo un corte transversal. En estos se pueden encontrar los nudos, las fibras torcidas y las fibras curvas.(Rodríguez Godínez, 2013)

Figura 21. Fibra Torcida.



Fuente: (Rodríguez Godínez, 2013)

Figura 22. Fibra Curva.



Fuente: <https://bit.ly/3s2nSay>

2.3.5.2 Defectos por crecimiento. Para garantizar el buen comportamiento mecánico de la madera al cortarse transversalmente debe presentar anillos regulares de crecimiento anual. En el crecimiento de la madera se puede presentar múltiples defectos de los cuales se pueden citar los siguientes: corazón excéntrico, anillos irregulares, estructuras con doble albura, estructuras sin corazón, estructura lanulada, estructuras con hendiduras periféricas, estructuras con pata de gallo y estructuras con acebolladuras (Rodríguez Godínez, 2013).

Figura 23. Corazón Excéntrico.



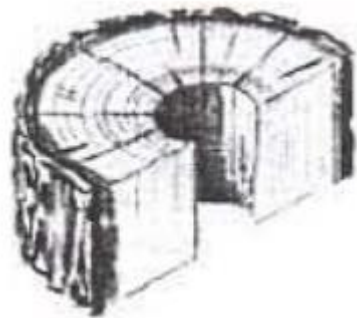
Fuente: <https://bit.ly/3H7Nwic>

Figura 24. Anillos Irregulares.



Fuente: <https://bit.ly/3LSwCrQ>

Figura 25. Estructura sin Corazón.



Fuente: (Rodríguez Godínez, 2013)

Figura 26. Estructura con Pata de Gallo.



Fuente: <https://bit.ly/3sXb4kR>

Figura 27. Estructura con Acebolladuras.



Fuente: <https://bit.ly/3BEu6Ax>

2.3.5.3 Defectos en su manipulación. La madera al ser un material vivo frente a cualquier manipulación altera su estructura, su modificación puede estar ligado según el tipo de tala, descortezado, troceado y secado. Si una madera es cortada en momentos inadecuados puede estar

propenso al ataque de insectos y hongos, y si no tiene un tiempo de desecado después de cortarlo puede presentar rajaduras radiales. (Rodríguez Godínez, 2013)

2.3.5.4 Defectos en su secado. La madera puede comportarse de diferentes maneras debido a que las contracciones no se producen de manera uniforme, en el tronco sufre una contracción mayor porque la humedad contenida está repartida de forma heterogénea, mientras que en la parte perimetral tener menor contracción debido a que es muy porosa. (Rodríguez Godínez, 2013)

Entre estos defectos se pueden clasificar en dos de la siguiente manera:

- **Curvamiento y alabeo.** Los cortes que se hacen a la madera son paralelos o tangenciales al eje o corazón para un mayor aprovechamiento, esto es lo que curva o alabea a la madera, mientras más grande es el radio de los anillos mayor será el alabeo, pudiendo también cambiar las dimensiones y forma. Además, la contracción y la dilatación generadas en el secado producen cambios de humedad y temperatura causando alabeos y curvaturas. (Rodríguez Godínez, 2013)

- **Deformación por contracción longitudinal.** Estas deformaciones se dan por un secado desigual de la madera entre el duramen y la albura, que son condiciones internas y externas propias de la madera. El tiempo es uno de los factores más importantes en el secado. Entre estas deformaciones tenemos el acucharamiento, arqueadura, combado y torcedura. (Rodríguez Godínez, 2013)

Figura 28. Acucharamiento.



Fuente: (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

Figura 29. Arqueadura.



Fuente: (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

Figura 30. Torcedura.



Fuente: (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

2.4. Reconocimiento de patologías en estructuras de madera

Para identificar un proceso patológico en los elementos estructurales de madera u oro material conviene hacer una inspección con la finalidad de conocer la extensión de los daños o los problemas estructurales y también para proporcionar información sobre la calidad y el estado de los materiales estructurales. Tradicionalmente, se han utilizado varias técnicas de inspección o reconocimiento de estructuras de madera, las cuales detallaremos algunas técnicas y equipos que pueden proporcionar información útil, aunque algo limitada para la identificación de patologías de madera.

2.4.1 Técnicas de reconocimiento

Para emplear cualquiera de las técnicas de reconocimiento, es necesario que el profesional o el personal encargado tengan conocimientos y criterios de las patologías que se puedan presentar en la madera, puesto que de acuerdo a sus apreciaciones se realizarán los distintos tipos de procedimientos de intervención en la estructura. Estas técnicas se pueden dividir en:

2.4.1.1 Técnicas no destructivas

Los métodos o técnicas de ensayos no destructivos denominados Nondestructive testing (NDT) o Nondestructive evaluation (NDE), se les pueden definir como las técnicas que no afectan las propiedades, su integridad, ni su utilidad final. El mismo que se emplea para detectar, localizar, medir y evaluar defectos, determinar las propiedades, su composición o solo para garantizar el comportamiento de las estructuras.

A continuación, citaremos algunas técnicas no destructivas empleados en las estructuras de madera.

Evaluación visual o inspección visual, documentación fotográfica y examen superficial.

Mediante esta técnica se puede obtener algunos datos iniciales de los tipos de lesiones que pueden estar ocurriendo en la estructura ya sea de origen biótico o abiótico. Esta técnica básicamente recoge todas las singularidades que pueden ser inherentes a su propia naturaleza, también recoge todos los daños, lesiones y degradaciones que presenten las estructuras en estudio. (Collar et al., 2009)

Contenido de humedad. Una estructura de madera al incrementar su contenido de humedad disminuye tanto la resistencia mecánica como su módulo de elasticidad. Para conocer el contenido de humedad de la madera se suele utilizar un Xilohigrómetro el cual nos brinda una medida de la humedad superficial. (Collar et al., 2009)

Figura 31. Xilohigrómetro.



Fuente: (Collar et al., 2009)

Velocidad de propagación de ultrasonidos. Esta técnica al principio se empleaba sobre metales, posteriormente en hormigones y ahora también es usada en la madera. La técnica permite, a partir de la velocidad de paso de onda, predecir en módulo de elasticidad y además permite

conocer si el elemento tiene presencia de nudos, oquedades, degradaciones internas o bolsas de resina, puesto que la velocidad de las ondas ultrasónicas cambia en comparación con otras que carecen de ellos (Collar et al., 2009)

Figura 32. Equipos Portátiles para el Uso de las Técnicas de Ultrasonidos.



Fuente: <https://bit.ly/3s68Qk4>

Extracción de tornillos. Para este ensayo se puede emplear la normativa ASTM 1037 y la EN 320. Es uno de los ensayos denominados Pseudo-no destructivo, por lo que usa un dispositivo que es encargado de registrar la fuerza necesaria para arrancar un tornillo, el mismo que contiene características específicas y debe ser colocado previamente a la madera. Esta técnica permite detectar daños, lesiones ocultas en los elementos estructurales y para obtener la densidad del mismo. (Collar et al., 2009)

Georradar. Es técnica determina la cantidad de humedad en vigas de madera, su funcionamiento está basado en la emisión y recepción de ondas electromagnéticas que se dispersan a través de un medio heterogéneo con frecuencias entre 10 MHz y 2 GHz (Collar et al., 2009)

2.4.1.2 Técnicas destructivas

Las técnicas destructivas nos referimos a los ensayos que se realizan a los elementos con el propósito de analizar y detectar las posibles anomalías en los elementos estructurales. Estas técnicas afectan significativamente al elemento y tiene un efecto irreversible de su forma física, química y mecánica. Dentro de estas técnicas mencionaremos algunas que se emplean en los elementos de madera.

Ensayo a compresión. Este ensayo se realiza de acuerdo a ISO 3132 y es generalmente utilizado para determinar o comprobar su máxima resistencia y su módulo de elasticidad, el cual consiste en someter al elemento a fuerzas de compresión. Este se ejecutará en dirección axial paralela a las fibras, con la ayuda de máquinas especializadas se puede saber con exactitud el punto de falla del elemento analizado. También con la información dada de la máquina se puede calcular el módulo de elasticidad, mediante la ley de Hooke. Las muestras de análisis son de manera cúbica o cilíndrica con dimensiones normalizadas, esto depende de cada país y del tipo de proyecto. (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

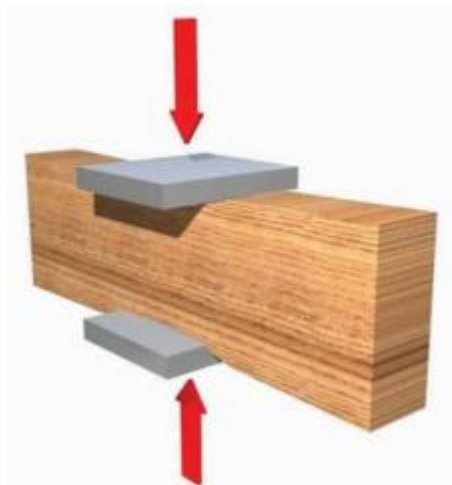
También se hace el ensayo de compresión normal a las fibras, lo cual se determina tensión en el límite de proporcionalidad y tensión máxima.

Figura 33. Esquema de Ensayo de Compresión Paralela a las Fibras.



Fuente: (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

Figura 34. Esquema de Ensayo de Compresión Normal a las Fibras.



Fuente: (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

Ensayo de tracción. La probeta de este ensayo se hace con la norma ASTM D143. Este ensayo se debe realizar en una máquina especializada con sus respectivos materiales para dicho

ensayo. La probeta para el ensayo colocada en la máquina con las fibras perpendiculares a la carga, posteriormente se aplicará la carga hasta llegar a la falla o ruptura del mismo. Con este ensayo podemos determinar el esfuerzo y la deformación específica.

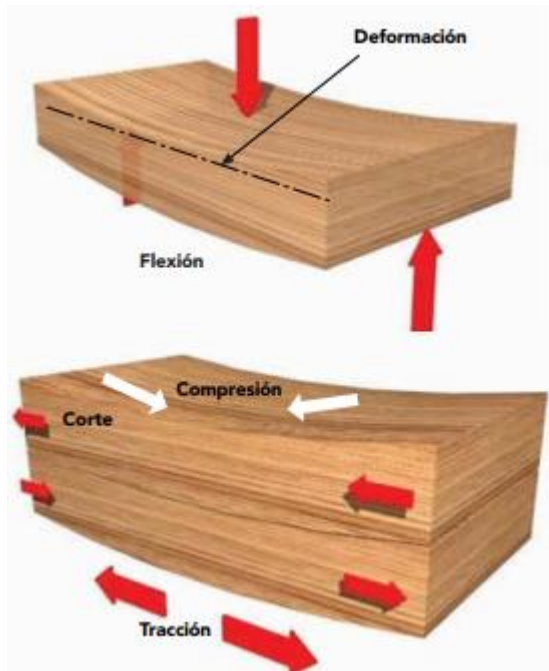
Figura 35. Esquema de Ensayo de Tracción Paralela a las Fibras.



Fuente: (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

Ensayo de flexión estática. Este ensayo consiste en la aplicación de un deslizamiento constante de la prensa y la aplicación de cargas ya sea esta en tres o cuatro puntos. Para este ensayo se realiza de acuerdo a la ISO 3133 donde las probetas deben ser efectuadas según normativa ISO 3129, además las probetas no deben presentar fallas ni defectos y el eje longitudinal paralelo a la dirección de las fibras. También se puede realizar de acuerdo a la norma DIN 52186. El ensayo se procede con la ayuda de máquinas especializadas, una vez hecho el ensayo se puede calcular la densidad, contracción, compresión paralela, compresión perpendicular y flexión estática. (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

Figura 36. Esquema de Ensayo de la Flexión Estática.



Fuente: (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

Ensayo de Dureza. Para entender este ensayo se puede decir que la dureza corresponde a la resistencia que opone a una deformación por penetración o rayadura bajo cargas estáticas o dinámicas. Para este ensayo se realiza de acuerdo al ISO 3350 y se ocupa unos equipos llamados durómetros que cuentan con un penetrador de forma determinada de acuerdo al ensayo (Rockwell, Brinell, Vickers y Knoop). Este ensayo consiste en presionar el penetrador sobre el material (en este caso sobre la madera), bajo un tiempo determinado, marcando una huella. Según de que ensayo se realice tiene sus respectivos cálculos para obtener la dureza, la ductilidad, la fuerza y la resistencia al desgaste.

Según la Norma UNE 56-540-78 clasifica a la madera de acuerdo a la dureza de la madera en:

Tabla 4. Dureza de la Madera 1.

Dureza (resinosas)	Clase
1 – 2	Blandas
2 – 4	Semiduras
4 – 20	Duras

Fuente: (UNE 56-537-78, s. f.)

Tabla 5. Dureza de la Madera 2.

Dureza (frondosas)	Clase
0,2 – 1,5	Muy Blandas
1,5 – 3	Blandas
3 – 6	Semidura
6 – 9	Duras
9 – 20	Muy duras

Fuente: (UNE 56-537-78, s. f.)

Figura 37. Esquema de Ensayo de Dureza.



Fuente: (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

Además, de estos también existen ensayos como el Cizalle que mide la capacidad de resistencia a fuerzas que tienden a causar deslizamiento los cuales pueden ser paralelo tangencial o paralelo radial; El clivaje que es la resistencia que ofrece la madera al rajamiento ya sea de manera tangencial o radial a los anillos de crecimiento. (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

2.4.2 Equipos de reconocimiento

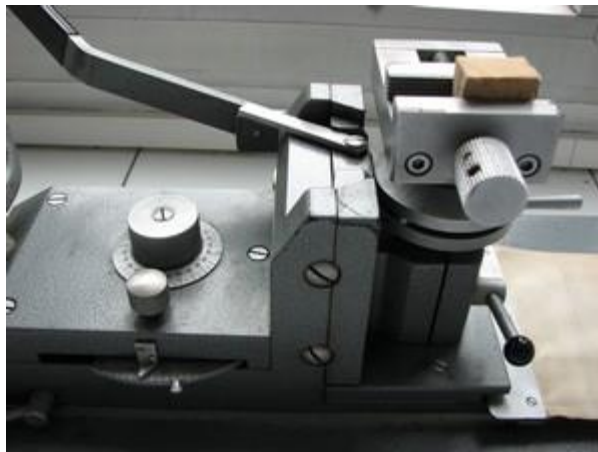
Para cada una de las técnicas se requiere un equipo de reconocimiento que puede ser un instrumento, aparato o herramienta física que sirva para la identificación de patologías. A continuación, mencionaremos algunos equipos que se utilizan para el reconocimiento de patologías en la madera:

Microtomo. Derivado de la palabra griega mikros (pequeño), y tomo (parte o división), para Cesar Feijoo (2019) “es un equipo mecánico de corte para la elaboración de cortes en tejidos que han sido objeto de inclusión en parafina”. El microtomo permite la preparación de muestras

para un examen en el microscopio. El éxito de un buen corte de la muestra depende mucho de la orientación de los planos de corte de la muestra.

Con este ensayo podemos identificar las distintas características físico-mecánicas de resistencia natural a las agresiones biológicas y de impregnación, con lo cual podemos tener una idea de cuál tratamiento curativo o protector utilizar.

Figura 38. Microtomo.



Fuente: <https://bit.ly/3p5Idd3>

Xilohigrómetro. Mediante este equipo se mide la conductividad eléctrica que se genera entre dos electrodos con una apariencia de púas de acero clavadas previamente en la madera. Además, ofrece el porcentaje de humedad superficial haciendo relación entre el contenido de humedad y la resistencia óhmica en el punto que es clavado las púas (Reyes & Zaruma, 2017).

Extractor de tornillos. Este aparato consta de un apartado de sujeción de tornillos, un husillo que sirve para extraer los tornillos y un transductor la cual mide la máxima fuerza para el arranque del tornillo. También se puede determinar las características de la madera y la presencia

de deterioros biológicos no visibles con un grado de confianza del 95% aproximadamente. (Reyes & Zaruma, 2017)

Figura 39. Extractor de Tornillos.



Fuente: <https://bit.ly/3LKTauh>

Ultrasonidos automáticos. Según Lasheras Merino (2009) “es un equipo que usa frecuencias y miden el tiempo que tarda la onda ultrasónica en llegar del parpado emisor al receptor”. Con esta técnica se puede identificar si la pieza presenta oquedades, degradaciones internas o nodos debido a que la velocidad de transición es diferente en comparación con las que carecen dichos defectos (Lasheras Merino, 2009).

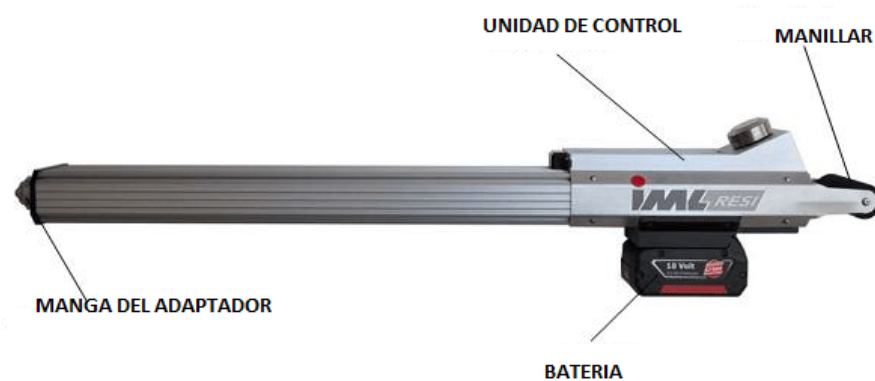
La técnica permite conocer el módulo elástico dinámico multiplicando la velocidad por la densidad, también se puede saber sobre la calidad general de las piezas estructurales mediante la relación de la velocidad de la onda con el módulo de elasticidad.

Resistógrafo. Este ensayo por lo general consta de dos partes: de un dispositivo que recoge y almacena los datos; y de un sistema de acción mecánica o aguja perforadora lo cual tiene que estar calibrada para poder penetrar a la madera la misma que evalúa el consumo de energía es decir

la resistencia que opone la madera a la penetración de una boca a velocidad constante. Mediante este ensayo se puede evaluar si los elementos de madera presentan degradaciones, pudriciones o vacíos internos (Lasheras Merino, 2009).

Los resultados obtenidos por este equipo son de interpretación simple, puesto que proporciona información cualitativa de gran interés, dando un registro de información gráfica de valoración de la resistencia a la perforación de la madera.

Figura 40. Resistografo.



Fuente: <https://bit.ly/3I79qDz>

Máquinas de ensayo. Estas máquinas están relacionadas con las técnicas de reconocimiento destructivas, estas máquinas o equipos fijos se pueden encontrar en laboratorios especializados que son utilizados para comprobar y analizar las propiedades físico-mecánicas de los elementos son solo de madera sino también de hormigón, acero, entre otros.

Hay una gran variedad de máquinas de ensayo que tiene distintos objetivos entre las cuales podemos tener la máquina de compresión, tensión e impacto. Estas máquinas pueden presentar

tecnología que permiten dar resultados muy confiables sin requerir cálculos por parte de los técnicos.

Figura 41. Máquinas para Ensayos de Madera.



Fuente: <https://bit.ly/3sSS7QA>

2.4.3 Análisis de información recolectada.

Una vez realizado las diferentes técnicas con sus respectivos equipos de reconocimiento para la identificación de las patologías, se obtienen información que proporciona las posibles situaciones patológicas existentes en la estructura analizada. Con estas posibles situaciones plantear soluciones o planteamientos técnicos en contra de las lesiones encontradas en los

elementos estructurales. Para dar un tratamiento adecuado se requiere de obtener una correcta información, porque caso contrario puede causar que las enfermedades empeoren provocando patologías secundarias.

Dentro de un estudio patológico podemos encontrar una variedad de datos, que se adquiere de ensayos aplicados en el reconocimiento de patologías. Una información más relevante en los registros de un estudio patológico son las evidencias fotográficas, pero también podemos encontrar datos técnicos, información complementaria, entre otros; las cuales describiremos algunas de ellas a continuación:

2.4.3.1 Evidencias fotográficas. En un estudio patológico es validado cuando se tiene un respaldo técnico, tal es el caso de las fotografías, las mismas que puede evidenciar la información dada por los equipos de reconocimiento. Las fotografías es una información muy importante, ya que con ellas el personal encargado del estudio patológico se puede organizar y clasificar de acuerdo a sus criterios para dar una posible solución. Las fotografías pueden ser recolectadas por cámaras digitales o celulares inteligentes.

Dentro de las evidencias fotográficas se puede recolectar distintos tipos de patologías y lesiones presentados en los elementos estructurales analizados, que también servirá como información para el personal encargado del estudio.

2.4.3.2 Datos técnicos. Cuando un elemento estructural es sometido a ensayos con equipos, estos proporcionan información de las propiedades físico-mecánicas y otros datos de acuerdo a tipo de ensayo que se realice. En las estructuras de madera con datos técnicos dados por los equipos tenemos: contenido de humedad, resistencia natural a los ataques biológicos, detectar daños o

lesiones ocultas en los elementos estructurales, discontinuidad de la madera dado por los equipos de ultrasonido, entre otros datos.

Los datos técnicos pueden garantizar como poner en alerta la trabajabilidad del elemento estructural, para esto el personal encargado tomara los criterios pertinentes para el estudio patológico.

2.4.3.3 Información complementaria. Esta información generalmente es proporcionada antes de proceder a una inspección, de las cuales podemos tener planos, croquis, estudios o apuntes que están relacionados con la estructura analizada. Esta información es de gran utilidad, puesto que pueden ayudar a saber los diferentes tipos de ambientes que se encuentra la estructura, las posibles causas que provocaron la patología, el funcionamiento, etc., con esto el encargado del estudio puede tener una idea más clara en el estudio patológico.

2.5. Tratamiento e intervención de patologías

2.5.1 Concepto

El término tratamiento patológico se entiende como el conjunto de actividades, operaciones, acciones o métodos que tiene la finalidad reducir o eliminar las lesiones que estén afectando a la estructura. Cuando hablamos de tratamiento es hablar de una reparación, para el autor Latorre Delgado (2015) “implica atacar las posibles causas, protegerlas y reforzarlas de ser el caso, disminuir las solicitaciones mediante la liberación de acciones, variación de cargas de diseño y en última instancia reparar los daños aplicando tecnologías y materiales existentes en el mercado de manera sostenible”.

Con la finalidad de alargar la vida útil de los elementos estructurales de madera se han métodos de tratamiento, unos más efectivos que otros. Para llevar a cabo un tratamiento correcto se debe tener un adecuado conocimiento de la madera a proteger, la agresividad del medio, los protectores y el sistema a utilizar. Además, todo el sistema como el tipo de producto protector va depender siempre de los distintos riegos de ataque en el que se encuentra estructura en servicio (Broto & Mostaedi, 2005).

Los métodos de tratamiento son superficiales cuando el protector de la madera alcanza penetraciones de 1 a 3mm de profundidad, medios cuando las penetración del protector supera los 3mm pero el área de impregnación es menor del 75% de la pieza y si supera está área se denomina tratamientos a profundidad los cuales pueden ser totales o parciales según el método empleado o la especie de madera (Broto & Mostaedi, 2005).

Para dar una buena conservación de la madera existen dos maneras, la primera es dar mayor o menor protección externa a la madera para evitar la entrada a organismos xilófagos, mientras que la segunda es después de que no se ha tenido precaución en tratar la madera antes de haber puesto en obra, lo que implica que los paracitos introducidos en ella deben ser eliminados(Broto & Mostaedi, 2005)

2.5.2. Tratamientos parciales

Para Brotóns (2013) los tratamientos pueden ser preventivos o curativos los mismo que describiremos a continuación:

2.5.2.1 Tratamientos Preventivos. Este tipo de tratamiento se emplean en la madera sana a ser colocada o que ya esté en servicio. Un tratamiento preventivo a las estructuras leñosas es

muy conveniente en comparación con otros materiales. En primer lugar, al ser un material natural es más vulnerable con el paso del tiempo, y en segundo porque los sistemas de explotación actuales son con maderas jóvenes en comparación con las épocas anteriores siendo estas más blandas y vulnerables a degradaciones secundarias. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Los tratamientos preventivos se basan en el uso de diversas sustancias químicas, pero hay otros tipos de medidas de protección y prevención relacionadas con el diseño y la ejecución de la estructura tales como:

- Aislamientos de los elementos de estructurales de madera de la humedad del terreno mediante muros, zócalos o basamentos de otro material, generalmente pétreo. También aislamientos contra la humedad de capilaridad de materiales porosos apoyados en los elementos. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)
- Evitar la colocación de vigas directamente sobre los muros, de manera que las cabezas queden aisladas mediante un material no poroso para mantener siempre un grado de ventilación evitando la humedad. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)
- Tratar la madera en los puntos de conflicto como es el caso de los tejados que pueden tener filtraciones de agua o en partes donde la estructura está más expuesta a la lluvia; cuartos húmedos, sótanos y todas aquellas que puedan estar expuestas a averías o rupturas de conducciones de agua o humedad de condensación; cabezas de vigas o pies derechos en contacto con el terreno o muros con humedad por

capilaridad; y en madera vieja que ya se encuentre atacada por hongos o insectos xilófagos. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.2.1.1 Tratamientos según el tipo de sustancia. Los principios activos y el disolvente son los dos componentes de los productos empleados para la protección de la madera. Los primeros son sustancias que ejercen la función protectora, mientras que el disolvente es el vehículo para que los principios activos penetren a la madera. Estos productos esencialmente son químicos y tóxicos (con toxicidad moderna). (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

El protector dependerá de factores tales como la concentración de la disolución y el sistema de aplicación apropiado, pero para cada caso dependerá de la especie de madera, del tipo y grado protección y del grado de agresividad del medio ambiente en el que permanecerá. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Hidrosolubles. Su presentación es en forma de polvo o pasta y son soluciones acuosas de sales metálicas o minerales. La aplicación de estas se puede llevar a cabo por autoclave, por difusión o por métodos superficiales en general. Las sales constituyen los principios activos mientras que el agua el disolvente, este último puede ser un inconveniente ya que puede afectar a la madera hinchándola y produciendo posibles deformaciones o su fisuración al secarse. (García Gómez & Ochoa Jaramillo, 2015)

Estos productos son económicos, de fácil elaboración, permite un control eficaz y una buena penetración. Entre las sales más utilizadas son combinaciones con arsénico, cobre, cromo y zinc. (García Gómez & Ochoa Jaramillo, 2015)

En disolvente orgánico. Los principios activos de estos son los compuestos químicos orgánicos los cuales requieren disolventes orgánicos. Tienen una buena penetración y su aplicación también puede ser los mismo que se emplean en los protectores hidrosolubles. Este protector tiene una la ventaja de no producir hinchamientos en la madera y no atacan a los metales que se encuentran en contacto. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Los clorados, organometálicos, nitratos y otros de composición más complejos son las disolventes más empleadas para esta protección. Los disolventes pueden incrementar la inflamabilidad de la madera durante su evaporación. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Hidrodispersables o emulsiones. Están formados por los mismos principios activos de los disolventes orgánicos, con un emulgente, el cual facilita la dispersión en el agua. Por lo tanto, el agua es el disolvente, pero se aplican solamente por pulverización o por inmersión y pueden presentar la misma ventaja e inconveniente que los dos sistemas anteriores. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Orgánicos naturales o creosotas. Estos productos son elaborados a partir del petróleo, de fácil aplicación por autoclave o por inmersión. Dentro de las ventajas que ofrece este producto es una buena penetración en la madera, protege contra agentes bióticos, no son agresivos con los metales y presentan mejor resistencia contra agentes meteoros, pero también presentan desventajas tales como un lento proceso de secado, olor penetrante, envejecimiento a la madera, imposibilidad de colocación de pintura entre otros. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.2.1.2 Tratamientos según la penetración de la sustancia penetradora. Los diferentes productos protectores de la madera tienen diferentes sistemas de aplicación y cada una de ellas

proporciona una penetración diferente. Para Monjo Carrió & Maldonado Ramos (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001) el grado de eficacia del protector influye según el grado de penetración sea menor o mayor de las cuales podemos diferenciar las siguientes:

Impregnaciones. El protector tiene una penetración de 2 a 3 cm, generalmente son utilizados para tratamientos a profundidad contra agentes biológicos. Su aplicación puede ser por inyección a baja presión, autoclave, inmersión caliente fría, inmersión prolongada. Estos no permiten acabados concretos en la superficie de la madera. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Imprimaciones. Su penetración protectora no sobrepasa los 2 a 3 milímetros, se puede llevar a cabo por inmersión, por vertido o aplicaciones con brocha o pincel. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Barnices. Este protector protege el deterioro que puede producir el polvo, el aire y el agua, mas no contra agentes bióticos ni contra la fotodegradación, debido a que su tratamiento es puramente superficial en los que el protector no penetra la madera. Proporciona acabados deseados y su aplicación es mediante brocha o pincel. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

La desventaja de estos es que forman una capa gruesa que impide la salida de vapor de agua contenido en la madera el cual no es bueno para la madera ni para el barniz, que puede llegar a romperse por la presión de vapor.(Barreiro & Hirsch, 2011)

Lásures. Al igual que el anterior es un tratamiento superficial y posee propiedades biocidas, hidrófobas y protectoras de la fotodegradación causadas por rayos ultravioletas. Se

aplica mediante brocha o pincel. La ventaja frente a los barnices es que estos forman una capa microscópica que permiten la transpiración de la madera retardada y regulable. Existen dos tipos de lásures: el lásur de capa fina y el de capa gruesa, la primera tiene una gran capacidad de penetración mientras que la segunda penetra menos, pero ofrece una mayor protección superficial. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.2.1.3 Tratamientos según su forma de aplicación. La adecuada elección del producto protector como su forma de aplicación es muy importante. A continuación, describiremos algunas formas de aplicación de acuerdo al grado de penetración en la madera.

Pincelado y brocha. Este tratamiento el protector se aplica de manera superficial mediante pincel, brocha o rodillo, por lo general en tres manos dejándose secar entre ellas. Las penetraciones pueden alcanzar 1 mm en maderas poco permeables y en maderas más permeables de 2 a 3mm debido a que la protección de la madera es baja. Se recomienda reiteraciones anuales del proceso en casos de entornos desfavorables (Bustos Molina & Bonfante Polo, 2014)

Esta técnica con consiste en pintar la madera con un protector determinado procurando que el protector entre en las juntas, grietas y fisuras del elemento.

Pulverizado o aspersion. La igual que el anterior se aplica de manera superficial, pero mediante pulverizador (compresor) mecánico para tratamientos con sustancias inodoros y no tan tóxicas como las sales del boro, o manual para sustancias más tóxicas.(Cruz de León, 2010)

La pulverización también suele utilizarse cuando los principios activos son en diluyente orgánico. Este tratamiento se puede utilizar tanto como tratamiento preventivo como curativo. (Cruz de León, 2010)

Inmersión breve. El tratamiento consiste en sumergir el elemento de madera durante un tiempo de 2 a 10 min en el producto dependiendo del tipo de especie, el tipo de perseverante y las dimensiones de la pieza. En este caso suelen emplearse protectores hidrosolubles o en disolvente orgánico. La protección es de manera superficial.(Broto & Mostaedi, 2005)

El método se suele utilizar frecuentemente en aserrados para proteger principalmente a las tablas y tablones contra los hongos de la madera. En madera con un porcentaje inferior al 18% es recomendable usar disolventes acuosos u orgánicos y para madera con el contenido de humedad mayores que el 28% productos hidrosolubles. (Bustos Molina & Bonfante Polo, 2014)

Inmersión prolongada. Al igual que él anterior se sumerge la pieza de madera en el producto protector, pero este requiere mayor tiempo (de 10min a varias semanas), que depende del uso que se le vaya a dar, a las dimensiones, al tipo de madera, al contenido de humedad y la sustancia empleada. Su penetración es de 3 a 5 mm con un máximo de 10 mm dependiendo de la densidad, permeabilidad e impregnabilidad de la madera. Este método es poco empleado ya que requiere mucho tiempo. (Cruz de León, 2010)

Inmersión caliente-fría. Consiste en someter a la pieza a un baño en la solución protectora a altas temperaturas, lo que ocasiona la salida de aire de interior de la madera, posteriormente se realiza un baño en el perseverante a temperatura ambiente. El proceso tiene una duración de 24 horas, el baño caliente tiene una duración de 1 a 4 hora y el resto en temperatura ambiente o en agua fría (Broto & Mostaedi, 2005)

Según Monjo Carrió & Maldonado Ramos (2001) “este tratamiento se puede hacer de tres formas distintas: calentando y enfriando al mismo tiempo la madera y el protector; evacuando el

protector para sustituir por el frío; o trasladando la madera caliente u otro que contenga el producto frío”.

Ósmosis o difusión. El procedimiento de este tratamiento consiste en humedecer previamente la madera posteriormente aplicar en la superficie el protector en una solución muy concentrada de manera que los principios activos utilizados se difundan al interior de los elementos por presión osmótica dando como resultado una buena impregnación de la madera. Este método se suele utilizar con protectores hidrosolubles. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Autoclave. Este tratamiento es utilizado con protectores en disolvente orgánico, dada a la operatividad y eficacia permiten tratar en una 1 hora por lo menos 6 m³. Para este tratamiento es necesario que la madera tenga una humedad superior al 30% para tener una baja retención y una excelente penetración del protector (Broto & Mostaedi, 2005)

La autoclave consiste en un cilindro hueco y cerrado donde se introduce la pieza de madera para impregnarla del protector mediante la aplicación de vacíos y presiones. Según Monjo Carrió & Maldonado Ramos (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001) se puede conseguir varios resultados de acuerdo a las combinaciones de intensidad de los vacíos y presiones tales como:

- **Doble vacío:** Controlado por dos procesos de vacío de protector que se introduce a la madera
- **Sistema célula vacía:** Impregnando las paredes celulares, pero dejando sin rellenar los vacíos o lumen.
- **Sistema célula llena:** Impregnando las paredes celulares y rellenando el lumen.

Inyección. El tratamiento permite una penetración profunda y se utiliza para impregnaciones de madera puesta en obra. Este se puede hacer de dos maneras con y sin presión. El primero consiste en hacer perforaciones de 2 a 3 mm de diámetro, después se introduce una jeringa y se inyecta el líquido protector. El segundo requiere de perforar la madera, insertar y dejar dentro unas válvulas de plástico las cuales permitan la inyección de la sustancia mediante un compresor a través de una boquilla. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

La separación y profundidad de perforación, así como la mayor o menor presión que se debe aplicar al inyectar depende de factores como la especie de madera, la capacidad de penetración del producto y de la profundidad que se requiera en el tratamiento. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.2.2 Tratamientos Curativos. Los tratamientos curativos son proceso que consisten en la aplicación de productos químicos a la madera y se llevan a cabo en obra y ataca, para eliminar el agente causante del deterioro como para proteger contra nuevos ataques. Para Monjo Carrió & Maldonado Ramos (2001) estos tratamientos por lo general se realizan en el siguiente orden:

- a. **Estudio previo:** En este primer paso se toma todos los datos que determinan el estado de la degradación de la madera, las principales causas, el estado de degradación y, posteriormente, seleccionar el producto protector más apropiado y en otros casos la necesidad de reparación de la madera.
- b. **Análisis de datos y diagnóstico:** Establece el agente causante del deterioro y sus respectivas acciones prevista para proteger, repara y prevenir futuros ataques.

- c. **Eliminación de las condiciones:** elimina las condiciones que ayudaron al ataque y desarrollo de la patología, (por ejemplo, la reparación de elementos constructivos dañados) y adoptar soluciones constructivas apropiadas.
- d. **Reparación del elemento constructivo:** En caso de que la pérdida de capacidad resistente por el deterioro es necesario la reparación del elemento constructivo.
- e. **Aplicación de los productos protectores:** Con el primer paso que se eligió el producto protector más apropiado, profundidad y grado de penetración, entre otros queda la aplicación de los mismos que pueden ser también los tratamientos preventivos mencionados en el apartado anterior que hace referencia a los tratamientos preventivos.

2.5.2.2.1 Tratamientos según el agente causante de la degradación

Agentes climáticos. Las maderas expuestas a la fotodegradación y posterior a lavado es recomendable tratamientos superficiales de filtros o pigmentos. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Fuego. Primeramente, se requiere la eliminación de la capa superficial carbonizada para posteriormente evaluar la capacidad resistente del elemento con su nueva sección para determinar si es aceptable. Si es aceptable se deberá proteger mediante la aplicación de productos ignífugos que tienen como función retardar la combustión de la madera. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Hongos. Para el tratamiento de los hongos es necesario la eliminación de la humedad. Pero según el tipo y la intensidad del ataque se toman distintas medias. Si la madera es atacada por

hongos cromógenos estos requieren pulverización con productos fungicidas. Si su ataque es por hongos xilófagos ha y que tener cuidado ya que si el ataque es avanzado no hay un tratamiento curativo posible lo que requiere un sustitución o refuerzo del mismo; pero de no ser el caso se puede impregnar con protectores orgánicos a través de inyección complementándolo con pulverización, en caso de elementos de poco espesor solo requieren de pulverización. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Coleópteros. Este tratamiento si puede realizar de dos distintas maneras:

- La primera consiste en eliminar la capa superficial para saber la magnitud del ataque, posteriormente se sana la madera eliminando las partes afectadas y por último se aplican una pulverización con protectores orgánicos (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)
- Se procede a la inyección de un producto protector químico (preferiblemente orgánico) y pulverizar el resto como medida preventiva (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Termitas subterráneas. Para proteger la madera de las termitas subterráneas, la única manera es estableciendo una barrera toxica. Como primera medida es eliminar las posibles fuentes de humedad y si es el caso sustituir las piezas excesivamente deterioradas. Después se deberá aislar el edificio mediante la inyección de un protector en el suelo y en los arranques de los muros. A continuación, se tratará químicamente los elementos de madera para prevenir futuras infecciones. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Otro método consiste en aplicar insecticidas que ataquen directamente al sistema reproductor de las termitas impidiendo la muda de su piel, puesto que el insecticida afecta a la quitina. Las termitas obreras ingieren el producto y lo transmiten a las colonias, consiguiendo así la eliminación de las mismas, para todo este proceso se requiere de un largo periodo de tiempo. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Termitas de madera seca. Las térmicas secas son capaces de establecer colonias pequeñas independientes en diversas partes de una estructura de madera. Para su respectivo se lo realiza de forma similar a los de los insectos de ciclo larvario, pero hay que garantizar que las colonias queden eliminadas por completo. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3 Tratamientos totales

Estos tratamientos o reparaciones tienen la finalidad de devolver parcialmente o totalmente la capacidad resistente originaria de los elementos afectados por las patologías. Para realizar este tipo de reparaciones es necesario eliminar a los agentes causantes del daño o a su vez prevenir contra su acción. Estos tratamientos se lo realizan también para reforzar elementos de madera y aumentar la resistencia o estabilidad con vistas a adoptar nuevas cargas con lo referente al diseño anterior. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.1 Sustitución Material.

Consiste en eliminar total o parcialmente el elemento estructural afectado y sustituirlo por otro que se encuentre en buen estado y de mayor resistencia. Para dicho proceso se deben tomar medidas de seguridad que garanticen la estabilidad del resto de la estructura. Esta técnica no es

aconsejable cuando el valor artístico o histórico tiene un papel importante que recomienda su conservación. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.1.1 Sustitución Parcial. Esto se ejecuta cuando la lesión afectada es una parte bien localizada y es aconsejable la conservación del resto. Estas sustituciones pueden efectuarse con elementos metálicos o con madera, para este último es necesario que sea del mismo tipo con iguales dimensiones y con un porcentaje de humedad similar a la madera existente (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Cuando se realice sustitución con prótesis de madera la pieza debe ser cortada de forma perpendicular a las tensiones. Para las vigas y viguetas que estén sometidos a esfuerzos de tracción, cortante o momento flector se recomienda utilizar colas adecuadas y las uniones que sean aseguradas mediante piezas metálicas. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.1.2 Sustitución Total. Esta sustitución se hace cuando la degradación afecta de forma general al elemento estructural o cuando no conviene la conservación por razones constructivas o económicas. El elemento de sustitución puede ser de madera misma como acero o de hormigón armado. Si es de madera está deberá ser tratada con el fin de prevenir su degradación y si es de acero o de hormigón armado hay que tener presente el aumento del peso propio de la estructura. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.2 Sustitución Funcional.

Este tratamiento consiste en conservar los elementos existentes, pero su función estructural desempeñará los nuevos elementos, ya sea con piezas madera convenientemente tratada o piezas

de otro material, al igual que en el tratamiento total hay que considerar el aumento de peso de la estructura. Este tratamiento es da cuando es de interés la conservación de la estructura existente o cuan no se merece su eliminación. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.2.1 Elementos lineales. Es muy común la sustitución funcional de las viguetas en forjados de madera. Para realizar esta sustitución se elimina el material existente entre las vigas y en su lugar se coloca las nuevas viguetas de madera, u otro material. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Hacer este tipo de reparación cuando se utiliza vigas de hormigón es necesario el apuntalamiento debido a que el peso del hormigón fresco que aún no adquirido su resistencia puede hacer colapsar el forjado de madera; y si se utiliza otro material como acero laminado o la madera misma suele ser innecesario apuntalar, ya que, al no eliminar las viguetas antiguas, estas sigues desempeñando su función durante la operación de sustitución. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Cualquiera que sea el caso del material de sustitución se habrá que estudiar los efectos del peso de los elementos nuevos sobre la madera.

2.5.3.2.2 Forjados. Este tipo de sustitución se da cuando las lesiones han afectado de forma general a todo el forjado de madera, por lo que se puede emplear una losa de hormigón armada sobre el forjado de madera. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Para esta sustitución hay que eliminar los moteros y pavimentos de agarre, posteriormente se realiza el saneamiento y tratamiento de la madera, luego se coloca un mallado con sus

separaciones respectivas, por último, se vierte el hormigón sobre el forjado que servirá como encofrado perdido. Para todo esto también se debe apuntalar como medida preventiva del agotamiento de la resistencia del forjado antiguo. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.3 Refuerzo.

El refuerzo se da cuando implique la conservación de la madera existente, lo que significa que al no eliminar los elementos afectas hay que darle un mantenimiento de su función estructural.

2.5.3.3.1 Apeo o apuntalamiento. Este refuerzo tiene la finalidad de añadir nuevos elementos que reestructuren el conjunto. En sí los apeos tratan de reducir luces o de disminuir esfuerzos de los elementos debilitados trasladando parte de sus cargas a otros elementos nuevos. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Los apuntalamientos pueden ser: apuntalamientos de las vigas de apoyo que disponen carrera de apoyo debajo de las cabezas de las correas o viguetas; apuntalamientos de viguetas mediante vigas parteluces las cuales dividen la luz de las viguetas mediante uno o dos jácenas colocadas perpendicularmente; y a apuntalamientos de vigas mediante jabalcones las cuales reducen sensiblemente la luz de los vanos. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.3.2 Refuerzo con Madera. Consiste en aumentar las secciones mediante el adosamiento de escuadrillas de madera con la finalidad de mejorar las características mecánicas de los elementos estructurarles. Este refuerzo tiene que garantizar que la pieza antigua con el refuerzo realice un trabajo solidario, esto se puede realizar mediante encolado con resinas o por medios mecánicos. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.3.3 Refuerzo con Perfilería metálica. Este refuerzo es parecido al refuerzo anterior solo que éste mejora las características mecánicas adosando perfiles o chapas metálicas en otros casos también se utiliza una placa o platina. Sus uniones se pueden realizar por adhesivos como por medios mecánicos. Los refuerzos varían según el tipo de perfil o chapa o según su adosamiento que puede ser lateralmente, por encima o por debajo de las piezas flectadas. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

El aumento de las capacidades mecánicas de un elemento de madera al colocar perfiles metálicos, es posible determinarlas a través del método de secciones equivalentes, el mismo que permite valorar, el incremento de inercias de la sección, a través de la nueva sección generada para la pieza reforzada.

2.5.3.3.4 Armado. El ejecutar un armado en las cabezas de las vigas o viguetas que han sufrido rupturas o degradaciones permite reforzarla y consolidarla, lo cual se hace mediante la introducción en taladros prácticos en la pieza de barras de acero o de fibras de vidrio embebidas en resina epoxi. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.3.5 Zunchado. Permite proceder soluciones de refuerzo en soportes debilitados o excesivamente esbeltos mediante platinas helicoidales encolada o clavada con resina epoxi al soporte. Según Monjo Carrió & Maldonado Ramos (2001) “se puede hacer mediante tejidos de fibra de vidrio encolada con epoxi de manera que se enrollan helicoidalmente al soporte de una o varias capas contrapeadas”.

2.5.3.3.6 Atirantado o postensado. El refuerzo mediante la disposición de tirantes anclados a las testas de las vigas permite reducir la deformación y mejora el comportamiento mecánico. El

atirantado se puede realizar desde la parte interior de la viga, separados por casquillos o adosados lateralmente. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.4 Consolidación.

Este refuerzo tiene un coste económico elevado porque se ejecuta solo cuando la estructura tiene gran valor historio como artístico y requiere que su aspecto visual se conserve. Debido a esto el refuerzo implica no tener modificaciones o tener solamente una mínima modificación del aspecto exterior. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

La consolidación se hace mediante la inyección con una formulación epoxi de baja densidad para facilitar su penetración. Posterior a esto se requiere un sellado para las fisuras superficiales, para que la inyección no escape y permita rellenar bien los huecos. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.3.5 Reintegraciones.

Este tipo de reparación consiste en eliminar las zonas delicadas y degradadas del elemento estructural y reconstrucción mediante un material moldeable de manera que adopte la forma que fue eliminada. Además, se requiere un apuntalamiento como medida de seguridad. El objetivo es garantizar el trabajo conjunto tanto del material nuevo como el de la madera. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

Las reintegraciones pueden ser: estucado cuando se trata de una reconstrucción en pequeñas zonas que pueden ser rellenados con mortero epoxi y arcilla; o Sistema beta que garantiza la transmisión de esfuerzos al estar en contacto con morteros y la madera mediante varillas de

vitrorresina. Este último también se puede llevar a cabo en zonas más amplias y delicadas como puntos de apoyo. (Monjo Carrió & Maldonado Ramos, 2001)

2.5.4 Desahucio de estructuras

Cuando ya se habla de un desahucio de una estructura ya sea esta de madera o cualquier otro tipo de material constructivo hace referencia a la inhabilitación de la obra para desempeñar el servicio que fue diseñado. Los mismo que deben realizar un análisis estructural para verificar si las características físico-mecánicas pueden soportar esfuerzos admisibles y deformaciones admisibles. El análisis y el diseño estructural se debe realizar de acuerdo a las condiciones establecidas en la Norma INEN-NEC-SE-MD (2015)

En un estudio patológico para dar a una estructura por desahucio tuvo que haber agotado todas las posibilidades de dar un tratamiento o de técnicas de intervención para su recuperación. Gran parte de desahucio es cuando la mayoría de los elementos son afectados seriamente y su valor económico para su recuperación no es viable, y es preferible dar por terminado.

Con una estructura dada por desahucio lo más conveniente en estructuras de madera es desmontarla o dejar de habitar en ella, puesto que es un riesgo para propios y extraños. En vista que la madera es un material natural no se puede reciclar debido a que este puede perjudicar a otros elementos de donde se vaya a implementar.

2.6. Base de datos

2.6.1 Concepto

Se entiende por base de datos al conjunto de datos estructurados de manera apropiada que están relacionadas entre sí. Para Gutiérrez (2010) “es un almacén de datos relacionados con

diferentes modos de organización. Una base de datos representa algunos aspectos del mundo real, aquellos que le interesan al usuario. Y que almacena datos con un propósito específico”.

Hoy en día una base de datos se puede encontrar a gran escala debido a que esta es usada por agencias gubernamentales, organizaciones, corporaciones, negocios y hogares (Ricardo, 2009).

Toda información de personas, empresas, productos entre otros tipos de informaciones más pueden ser almacenadas en una base de datos. Las mismas pueden presentar ciertas características tales como:

Concurrencia: Esta característica es la que garantiza el acceso de información de manera simultánea con un mismo fichero de varias personas o usuarios sin que interfieran entre sí, evitando la pérdida de integridad e información (Ricardo, 2009).

Integridad: es la característica que hace referencia a la consistencia y calidez de los datos almacenados en la base (Ricardo, 2009).

Recuperación: está en manos de los usuarios ya que ellos son los encargados de establecer la protección de los datos mediante medidas de seguridad ante la posibilidad de fallas del sistema o de aplicaciones. Por lo antes mencionado se sugiere a los usuarios establecer copias de seguridad en un tiempo determinado para restaurar las mismas en casos de fallas del sistema o de aplicaciones (Ricardo, 2009).

Seguridad: hace mención a la protección contra usuarios no autorizados para la base de datos garantizando así la calidad e integridad de los mismos (Ricardo, 2009).

2.6.2 Tipos de base de datos

Las bases de datos están en función de una estructura de los cuales existen diversos modelos que define el tipo de almacenamiento la estructura de los datos y sus relaciones. La estructura condiciona operaciones como sustitución o eliminación ya sea de datos o de lectura.

A continuación, describiremos algunos tipos de bases de datos según Guevara (2021):

2.6.2.1 Base de datos jerárquicas. Es una de las primeras bases de datos empleadas, puesto que su estructura está basada mediante nodos interconectados y cada uno de estos nodos tiene una misma raíz o padre con varias ramas o hijos (Vega, 2015).

2.6.2.2 Base de datos con estructura en red. La estructura de esta base es muy similar a la anterior con la diferencia que esta puede crear o tener varias raíces o padres permitiendo así la aparición de ciclos teniendo mayor eficacia en la redundancia de los datos. En inconveniente de estas bases de datos tiene un alto grado de complejidad convirtiéndole en una administración difícil. (Vega, 2015)

2.6.2.3 Base de datos relacionales. Este tipo de datos han solucionado los inconvenientes presentados en los dos tipos anteriores convirtiéndole en la más utilizada en la actualidad. Además, son sencillas de comprender y fáciles de emplear en el análisis y la consulta, ya que su esquema es basado en tablas. Estas tablas almacenan los datos en tulpas (filas o registros) y atributos (columnas o campos), conectados entre sí por claves comunes para una correcta estructuración y un eficiente acceso (Vega, 2015)

2.6.2.4 Base de datos con estructura multidimensional o MDB. Son ampliamente empleadas en el entorno de los Data Warehouse y también para las aplicaciones que se encargan

de realizar análisis de procesos en línea. Esta base de datos es similar a las racionales, pero está en cambio guardan los datos en cubos de información añadiendo una nueva dimensión. Este modelo es capaz de procesar la información a gran velocidad, ya que ofrece un aspecto de una hoja de cálculo (Vega, 2015).

2.6.2.5 Base de datos con estructura orientada a objetos. El modelo deriva directamente del paradigma de la programación orientada a los objetos. Puesto que este modelo puede soportar distintos tipos de datos ya sean como datos gráficos, textuales, de voz, etc. (Vega, 2015)

La utilización de este tipo de modelos es notable en las áreas de ingeniería, telecomunicaciones, en las bases de datos espaciales y también en las áreas científicas como la física y la biología molecular. (Vega, 2015)

En esta investigación se hará hincapié a los modelos de bases de datos orientadas a objetos y también a la modelo de datos racionales, debido a que estos ajustan al enfoque establecido, las mismas que ayudarán a la generación del base de datos sobre patologías de madera.

2.6.3. Tipos de información para base de datos

La base de datos que es considerada como un almacén de datos o de información relacionados con distintos modos de organización, puesto que es necesario diferenciar entre la información y datos, de los cuales daremos algunas definiciones de ellos.

Información. Considerado como el conjunto de datos ordenados y supervisados que han sido procesados para construir un mensaje basándose en un fenómeno o ente. Para Carrión (2002) “es un mensaje, normalmente bajo la forma de un documento o algún tipo de comunicación audible

o visible. Como cualquier mensaje, tiene un emisor y un receptor”. Esta información puede cambiar la forma de percepción del receptor, impactar sus juicios de comportamiento y valor.

Datos. La palabra dato se le puede considerar al conjunto factores objetivos discretos sobre un hecho real. Los datos por sí mismo tiene poca o ninguna relevancia o propósito puesto que un dato no dice nada sobre el porqué de las cosas. Además, se dice que los datos describen únicamente una parte de lo que pasa en la realidad puesto que no son orientados para la acción y carecen de juicio de valor (Carrión, 2002)

La gran diferencia que tiene los datos con la información es que los datos se pueden convertir en información cuando se le añade un significado mientras que la información tiene un propósito en común.

2.6.3.1 Tipos de datos.

Los datos se pueden clasificar de dos maneras según su origen o según su estructura, a continuación, describiremos algunos de ellos:

2.6.3.1.1 Según su origen

Web y Redes Sociales. Este tipo de información son los que se encuentran disponibles en el internet como contenido Web que son generados por los usuarios a partir de la interacción en las redes sociales (Twitter, Facebook, blogs, entre los más destacados) y la web. (Barranco Fragoso, 2012)

Machine-to Machine (M2M) o denominados máquina a máquina son los tipos de datos que se obtienen a través de tecnologías conectados mediante dispositivos que permiten la

intercomunicación entre ellos. Los Machine-to Machine emplean dispositivos tales como sensores o medidores para un evento en particular como por ejemplo sensores de velocidad, medidores de presión entre otros, de los cuales transmiten los datos de forma inalámbrica, alámbrica o hídrica a otras aplicaciones para dar como resultado una información significativa. (Barranco Fragoso, 2012)

Transacciones. “Este tipo de datos es más conocido en el ámbito empresarial, están disponibles tanto en formatos estructurados como no estructurados. Se pueden encontrar en los registros de facturación, registros de llamadas, etc.” (Barranco Fragoso, 2012).

Biométricos. Este tipo de datos es suelen ser más utilizados para la ya que permite registrar huellas dactilares, reconocimientos faciales, genética, escaneo de la retina, etc. También es conocido como los datos que aportan los seres humanos a partir de nuestras características de conducta física o fisiológica. Estos datos son muy importantes en el momento de una investigación. (Barranco Fragoso, 2012)

Generados por personas. En otras palabras, es todos los datos que generamos como seres humanos ya sea a través de correos electrónicos, servicios de mensajería, grabaciones de llamadas, notas de voz, documentos electrónicos, estudios médicos, etc. (Barranco Fragoso, 2012)

Generados por organizaciones. Estos datos pueden ser generados tanto por organizaciones públicas como privadas que pueden ser datos relacionados con el medio ambiente, historiales clínicos electrónicos, normativas, etc. (Barranco Fragoso, 2012)

2.6.4 Conformación de una base de datos

Toda estructura de base de datos debe adecuarse al uso previsto, de manera que cumplan de la menor forma posible los objetivos previstos. Es por esto que se tiene que definir su estructura teniendo en cuenta los tipos de datos a ser almacenados y el modelo de datos elegidos. También es necesario conocer la naturaleza de los datos a almacenarse, así como los algoritmos y procesos que se van a implementar.

Para el desarrollo de una base de datos global se pueden identificar las siguientes fases:

- **Diseño lógico:** El objetivo principal del diseño lógico es de modelizar el contenido de la base que es muy independiente a la gestión de los datos.
- **Diseño físico:** De acuerdo al sistema de gestión seleccionada se debe adaptar las particularidades al diseño conceptual.
- **Implementación:** Introducir en la base de datos la información.
- **Mantenimiento:** Es fase se encarga de la monitorización de los datos y actividades de la base de datos.

En el diseño lógico se analiza los tipos de datos que van a ser recogidos del cual surgirá un modelo conceptual que exprese la información de la estructura. El modelo conceptual también definirá los tipos de datos y la relación de ellos que serán expresados en términos de modelos, además este debe ser desarrollado del mejor modo posible que cumpla con las necesidades de los usuarios

Una vez ya realizado tanto el modelo lógico como el conceptual que es la estructura externa de la base de datos se crea la interna que ayude a la recolección de la información, de la misma manera que guarde de manera correcta y legible. Los componentes en general de una estructura interna de una base de datos constan de:

Tablas: Entendiéndose como el modelo o el esquema de la estructura encargada del almacenamiento de los datos. Las tablas se dividen en dos secciones que son los registros (filas) y los campos (columnas). Las tablas implementadas de manera lógica y consistente determinan el buen desempeño de la base de datos.

Campo: Esta sección es el que contiene los elementos específicos de la información a almacenar y es el lugar donde se establece que tipo de clave de función tendrá dicha tabla.

Registro: Es el conjunto de datos o atributos a cerca de una persona, lugar u otro elemento en una tabla. Adema los registros pueden contener un valor de cualquier tipo o puede ser totalmente nulo. Un ejemplo de estos es los datos personales, datos de un producto, etc.

Consultas: Es una acción donde se localiza la información que está en la base de datos.

Formularios: Por lo general se utiliza para adicionar, consultar o modificar la información de la base de datos bajo algunos criterios del usuario.

CAPÍTULO III

Metodología

3.1. Tipo de información

En el presente trabajo se empleará un tipo de investigación documental investigativo, el cual corresponde al tipo bibliográfico, en otras palabras, toda la información que se obtenga vendrá de fuentes bibliográficas científicas validadas, también, en la parte complementaria se apoyara con datos recogidos en el campo. De esta manera poder garantizar que la investigación final, tenga un carácter científico con un respaldo de información levantada en campo.

La información o los datos levantados en campo ayuda a tener un respaldo de la información obtenida en la base de datos científicos, de manera que ayudara a satisfacer las necesidades académicas de estudiantes y/o profesionales. Dicha información será verificada de acuerdo a lo escrito teóricamente en fuentes científicas.

Con el marco teórico presentado anteriormente de esta investigación, es fundamental para tener claros los conceptos sobre las patologías de madera, así como su clasificación, sus orígenes y los distintos tipos de tratamientos que se pueden emplear, lo cual permitirá en la búsqueda obtener una información directa, clara y concisa.

La herramienta fundamental para la recolección, clasificación y organización de la información de campo y bibliográfica será la aplicación NOTION, él cuál proporciona algunos mecánicos para realizar distintas actividades como calendarios, notas, tablas base de datos entre otras cosas más. La gran capacidad de esta aplicación permitirá la vinculación de diferentes bases de datos como es en este caso.

3.2. Recolección de información

La recolección de los datos para esta investigación se hará de dos maneras, las cuales describiremos a continuación:

3.2.1 Información bibliográfica

Para recolección de información bibliográfica de las patologías de madera se realizará mediante la búsqueda en fuentes bibliográficas o portales digitales ya sean estos en español o inglés. Estas fuentes pueden ser libros, artículos, revistas o tesis que describan las patologías con la finalidad de cubrir con la gran mayoría de patologías descritas en el marco teórico de esta investigación. Toda la información obtenida será verificada, para que los usuarios que hagan uso de esta base de datos tengan la seguridad de tener una información científica válida.

Dentro de los objetivos de esta investigación se mencionó que la información recolectada iba a ser bibliográfica, puesto que esto es un paso importante para dar paso a la recolección de la información en campo

3.2.2 Información de campo

La recolección de esta información se ejecutará posteriormente a la información bibliográfica, y se hará mediante la visita de distintas estructuras de madera, de las cuales se identificarán la mayor cantidad de patologías descritas en las fuentes bibliográficas, mediante una inspección visual detallada. Para la recolección de esta información se requerirá de la ayuda de cámaras fotográfica o teléfonos celulares los cuales permitirán evidenciar fotográficamente, los mismos que retroalimentarán a la base de datos de acuerdo a la patología encontrada.

Para su agrupación y clasificación de toda la información de manera segura y ordena se realizará con la aplicación NOTION el cual dará una descripción e identificación digital. El propósito de esto esta base de datos es dar paso a nuevas investigaciones encaminadas al reconocimiento de patologías con inteligencia artificial.

3.3 Generación de la base de datos

3.3.1 Organización, clasificación y documentación de la información recolectada.

Con la información recolectada de forma bibliográfica como los datos obtenidos en campo, se obtiene la documentación necesaria para la creación de la base de datos, de los cuales se deberá analizar, clasificar y ordenados en la base de datos jerárquica y racional

Con la ayuda de las diversas herramientas que nos ofrece la aplicación de NOTION que es un software privado, se desarrollará la creación de la base de datos, la misma va estar compuesta con columnas de registro para la información las cuales detallaremos a continuación.

Patología: En este campo se llenará con el nombre de la patología en estudio anteponiendo la letra M debido a que es una patología de madera con su respectiva numeración. Como por ejemplo M.1 Infección de la madera por insectos xilófagos De ciclo larvario.

Descripción: En este segundo campo se colocará una breve descripción de la patología de madera que el usuario que ingrese a la base pueda saber a qué patología de madera se refiere.

Características principales: en esta columna sé estable las características propias de cada patología de las cuales se distinguen del resto. En cuanto a las características en las patologías de madera tienden a ser muy similares, puesto que pueden llegar a confundir a los usuarios.

Equipos de medición: En esta columna se detallará cada uno de los equipos de medición que reconoce la patología, los cuales pueden ser tomados del mismo documento que describe la patología como de otros documentos. En muchos casos de las patologías de la madera son reconocibles con inspección visual y otras no por lo que requieren el uso de otros equipos.

Técnicas de reconocimiento: En este apartado se incluía las técnicas que se utilizan para el reconocimiento de la patología, el mismo que tiene relación con los equipos de medición.

Las técnicas de reconocimiento a más detalle se podrán encontrar en la investigación TÉCNICAS Y MÉTODOS PARA REVISAR PATOLOGÍAS (Diego Acero) que se desarrollará a la par, por lo que aquí solo se expondrá la técnica empleada.

Tratamiento: En este último apartado se ingresará tanto documentos como links donde se pueda encontrar el tratamiento para la patología descrita de forma científica y verificada. De esta manera el usuario podrá saber qué tipo solución dar a un problema patológico en la madera.

Figura 43. Estructuración de Columnas para Base de Datos 2.

Enlaces de referencia	Equipo de...	Técnica...	Tratamiento
(1) @BOOK {jorgeandrésreyesochoa2017, author = "Jorge Andrés Reyes Ochoa", title = "Patologías de la madera", publisher = "Cuenca", year = "2017" } (2) @BOOK {franciscoarriaga;miguelestebaneignaciobobadilla2006, author = "Francisco Arriaga; Miguel Esteban e Ignacio Bobadilla", title = "Inspección de estructuras de madera. Ejemplo de un edificio en un centro urbano", publisher = "Revista electrónica No. 2", year = "2006" } (3) @mastersthesis{sanchez2013proyecto, title={Proyecto de rehabilitaci{\'o}n y cambio de uso de viviendas de...	Ultrasonido Visual	Inspección po Visual	* Se deben aplicar tratamientos curativos en el cual se deben seguir las fases que se pueden encontrar en el documento Fases de los Tratamiento Curativo y los tratamientos en el documento AITIM (Tratamientos Curativos) * También Enciclopedia broto de Patologias de la construcción en la página 282 menciona algunos tratamientos para el ataque de estos insectos. * En zonas no activas se recomienda tratamientos superficiales de protectores fungicidas. Boldú (Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de un protecto básico en Camarasa) * Introducir insecticida de manera que entre en contacto con el insecto y lo elimine. Manual de diseño para Madera del Grupo Andino * Para la eliminación de estos insertos Ruiz (Estructuras de Madera Diseñadas para Resistir el ataque de...

Fuente: Propia

Con todos estos apartados descritos se pretende que el usuario tenga todo un estudio patológico de la madera que es de su interés.

3.3.2 Vinculación con otras bases de datos

La base de datos sobre patologías en estructura de madera generada en la presente investigación es parte de una investigación que tiene la finalidad de generar una amplia base de datos de las patologías estructurales, en el cual se encontrará la base de datos de estructuras de acero generado por Josué David Jiménez Romero, en estructuras de hormigón por Luis Miguel Cordero, en materiales cerámicos que esta propuesto por Charly Illescas. Además, la investigación de Diego Andrés Acero de las técnicas, método y equipos de reconocimiento de patologías se vinculará también con ésta.

El conjunto de la base de datos estará regido bajo un mismo formato dentro del desarrollo de tablas y registros tanto bibliográficas como las de campo. Para esto se creó etiquetas para cada material, dentro de la base de datos que permitirá ubicar las patologías del material del cual necesita la información.

Con esta base de datos general de las patologías en estructuras permitirá el desarrollo de nuevas investigaciones como es el caso de la identificación de patologías estructurales mediante procesamiento de imágenes realizado por los autores Jorge Contreras y Adrián Castro cuyo tema de investigación fue “la identificación de patologías estructurales mediante procesamiento de imágenes” que harán uso de la base de datos fotográficos generados de cada material.

Capítulo IV

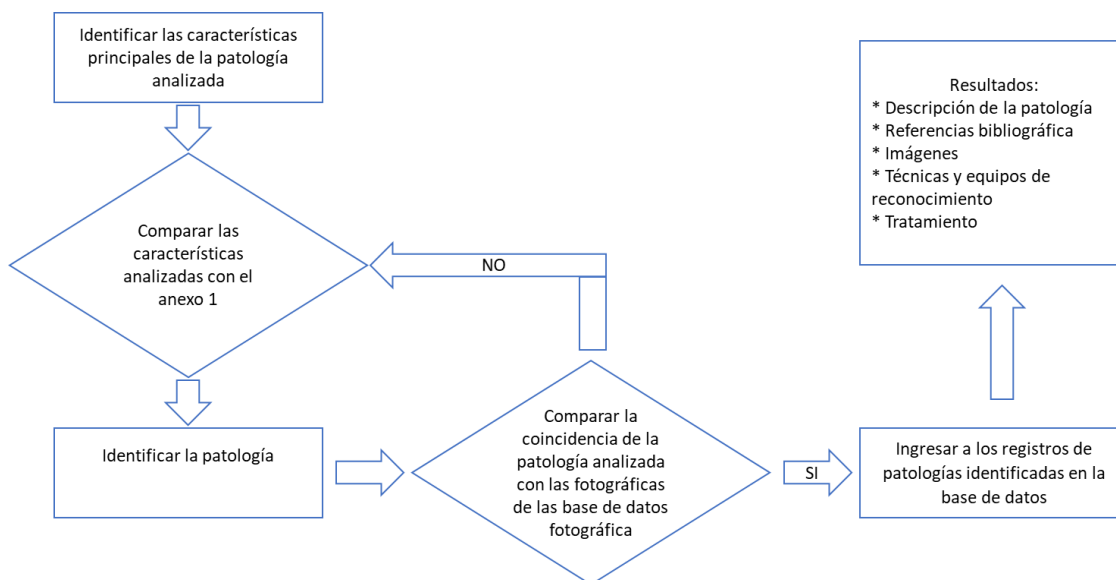
Resultados Generados

4.1. Presentación de la base de datos generada.

Link de acceso para base de datos de las patologías de madera es: <https://bit.ly/3ybmFhu>

Para tener un correcto uso de la base de datos de las patologías de madera se debe seguir los siguientes pasos que se encuentran en el esquema.

Figura 44. Esquema del Uso de la Base de Datos.



Fuente: Propia

4.2 Ejemplos de aplicación

Para conocer el funcionamiento de esta investigación se ha decidido exponer 3 casos de estudio como ejemplos de aplicación los mismos que nos darán los resultados obtenidos de las mismas. A continuación, expondremos los siguientes ejemplos:

Es muy importante conocer e identificar las distintas características que presentan las patologías o lesiones de madera para una mejor búsqueda dentro de la base de datos. En los casos de estudio se identificaron las características esenciales y evidentes para que arrojen resultados concretos con respecto a la patología presentada.

4.2.1 Caso de estudio 1

Figura 45. Casa de la Sra. María de Jesús Uzcha.




Fuente: Propia

Descripción: Para el primer caso se ha tomado como ejemplo la casa de la señora María de Jesús Uzcha que se encuentra ubicada en la Parroquia San Juan del Cid. Esta casa está construida con adobe y madera.

Ubicación: Está Ubicado en la Provincia del Azuay (Ecuador), en la Parroquia de San Juan del Cid perteneciente al Cantón Gualaceo. La casa cuenta con las coordenadas UTM WSG84 17S (742307.51 m E 9672038.06 m S)

Tabla 6. Identificación de Patología 1, Caso de Estudio 1.

Casa de la Señora María Jesús Uzcha		
Lesiones identificadas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Color Pardo oscuro 2. La madera se desgrana en cubos. 3. La madera descompuesta es frágil. 4. Numerosas líneas cruzadas similar a un aspecto quemado 5. Agrietamiento perpendicular 		
		<i>Figura 46. Fuente: Autor</i>
Comentario: Está expuesta a Presencia de Agua y luz Solar constante.		
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS		
Patología identificada	Técnica de reconocimiento	Equipo de reconocimiento
Pudrición Parda	* Inspección visual detallada	* Visual
Tratamiento		

- Se pueden aplicar tratamientos de refuerzo, sustitución o de consolidación los cuales podemos encontrar en el documento de [Tratamientos Totales](#).
- Según (Cruz de León, 2010) las secciones de las vigas que se encuentran un contacto con los muros es donde la humedad provoca mayores efectos de pudrición por lo que propone métodos constructivos los cuales se encuentra en el documento. [Extracto de Cruz de León](#)

Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Enlaces de referencia
1. Artículo: “Manual de patología de la edificación” By: Rodríguez, Ventura and Astorqui, Jaime Santa Cruz and Gómez, Ildefonso Tarreño and Demingo, Pascual Ubeda	1. @article{rodriguez2004manual, title={Manual de patolog{\i}a de la edificaci{\o}n}, author={Rodr{\i}guez, Ventura and RODRIGUEZ, VENTURA RODRIGUEZ and ASTORQUI, JAIME SANTA CRUZ and GOMEZ, ILDEFONSO TORRE{\~N}O and DE MINGO, PASCUAL UBEDA}, journal={Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, Tecnología de edificación}, year={2004} }
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://bit.ly/3uvDTrg
Recomendaciones: Se recomienda la sustitución del elemento estructural debido a que su sección se encuentra muy deteriorada.	

Tabla 7. Identificación de Patología 2, Caso de Estudio 1.


Casa de la Señora María Jesús Uzcha		
Lesiones identificadas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Perforaciones circulares en forma de galería. 2. Porosidad 3. Serrín fino en la zona 4. Irregularidades 5. Ruidos de rascado 		
<p>Comentario: No se ven los insectos en la superficie de la pieza</p>		
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS		
Patología identificada	Técnica de reconocimiento	Equipo de reconocimiento
Infección de la madera por insectos xilófagos De ciclo larvario	<ul style="list-style-type: none"> * Inspección visual detallada * Punzonamiento con taladros * Barreteras Pressler 	<ul style="list-style-type: none"> * Visual * Ultrasonido
Tratamiento		

Figura 47. Fuente: Autor

- Se deben aplicar tratamientos curativos en el cual se deben seguir las fases que se pueden encontrar en el documento [Fases de los Tratamiento Curativo](#) y los tratamientos respectivos en el documento [Tratamiento de Ciclo Larvario](#).
- Introducir insecticida de manera que entre en contacto con el insecto y lo elimine. ((Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988).
- Para la eliminación de estos insertos Ruiz Gorrindo (2014) propone un tratamiento químico, un tratamiento con inhibidor de la síntesis de la quitina y un tratamiento con esfuerzo estructural el cual se encuentre en el documento [Extracto de Ruiz Gorrindo](#)
- Por último, se deben aplicar tratamientos preventivos para prevenir nuevas infecciones las cuales encontraremos en el documento [Tratamiento preventivo de la Madera](#)

Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Enlaces de referencia
1. Artículo: “Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador” By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés	1. @BOOK {jorgeandrésreyesochoa2017, author = "Jorge Andrés Reyes Ochoa", title = "Patologías de la madera", publisher = "Cuenca", year = "2017" }
2. Artículo: Inspección de estructuras de madera. Ejemplo de un edificio en un centro	2. @BOOK {franciscoarriaga;miguelstebaneignacioboba

urbano” By: Arriaga, Francisco and Esteban, Miguel and Bobadilla, Ignacio	dilla2006, author = "Francisco Arriaga; Miguel Esteban e Ignacio Bobadilla", title = "Inspección de estructuras de madera. Ejemplo de un edificio en un centro urbano", publisher = "Revista electrónica No. 2", year = "2006" }
3. Mastersthis: “Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa”. By: Sánchez Rodríguez, Alejandro and Boldú Campamá	3. @mastersthis{sanchez2013proyecto, title={Proyecto de rehabilitaci\o}n y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto b\{a}sico en Camarasa}, author={S\{a}nchez Rodr\{i}guez, Alejandro and Bold\{u} Campam\{a}, Miquel}, type={{B.S.} thesis}, year={2013}, school={Universitat Polit\{e}cnica de Catalunya} }
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://bit.ly/3shBbCZ
Recomendaciones: Realizar tratamientos con fumigación y realizar un tratamiento preventivo para evitar futuras infecciones.	

Tabla 8. Identificación de Patología 3, Caso de Estudio 1.

Casa de la Señora María Jesús Uzcha	
Lesiones identificadas	

1. Pérdida del tono natural o del tratamiento al cual fue expuesta la pieza.
2. Color Gris
3. Fisuras



Figura 48. Fuente: Autor

Comentario: Se encuentra expuesto a los rayos UV

RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS

Patología identificada	Técnica de reconocimiento	Equipo de reconocimiento
Envejecimiento de la madera	* Visual	* Visual

Tratamiento

- Eliminar la zona dañada haciendo cortes hasta llegar a una zona sana
- Aplicar tratamientos curativos mencionados en el documento de [Tratamiento preventivo de la Madera](#)
- Para (Abásolo & others, 2001; Broto & Mostaedi, 2005) mencionan que para evitar o disminuir el envejecimiento de la madera se utiliza pinturas y barnices que filtran los

<p>rayos UV e impiden el lavado del agua, siempre teniendo en cuenta las medidas adecuadas para impedir las retenciones de agua y mejorar la ventilación de la madera y su protección de la lluvia.</p>	
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Enlaces de referencia
<p>1. Artículo: “Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador” By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés</p>	<p>1. @BOOK {jorgeandrésreyesochoa2017, ubli = “Jorge Andrés Reyes Ochoa”, title = “Patologías de la madera”, ubliher = “Cuenca”, year = “2017” }</p>
<p>2. Libro: “Enciclopedia Broto de patologías de la construcción” By: Broto, Carles and Mostaedi, Arian</p>	<p>2. @book{broto2005enciclopedia, title={Enciclopedia Broto de patologías de la construcción}, author={Broto, Carles and Mostaedi, Arian}, year={2005}, publisher={Links} }</p>
<p>Galería fotográfica relacionada con la patología</p>	<p>https://bit.ly/34efhbT</p>
<p>Recomendaciones: Eliminar la zona dañada y aplicar protectores contra los rayos UV</p>	

4.2.2 Caso de estudio 2

Figura 49. Puente Bimbabum.




Fuente: Propia

Descripción: Como segundo caso se ha tomado el puente ***Bimbabum*** del cantón *Gualaceo*, el cual toda su estructura está constituido por madera.


Ubicación: El puente está ubicado en la provincia del Azuay (Ecuador), en el cantón Gualaceo las cuales se encuentran en las coordenadas UTM WSG84 17S (746747.45 m. E 9678773.08 m. S)

Tabla 9. Identificación de Patología 4, Caso de Estudio 2.

Puente Bimbabum		
Lesiones identificadas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Presencia de microorganismos 2. Envejecimiento de la madera 		
		<i>Figura 50. Fuente: Autor</i>
Comentario: Se encuentra revestida con una capa de tierra.		
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS		
Patología identificada	Técnica de reconocimiento	Equipo de reconocimiento
Ataque Biológico. Microorganismos vegetales	* Visual	* Visual
Tratamiento		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eliminar las plantas y realizar la limpieza de las piezas de madera. 		
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Enlaces de referencia	

<p>1. Mastersthesis: “Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa”. By: Sánchez Rodríguez, Alejandro and Boldú Campamá</p>	<p>1. @BOOK {miguelboldúcampamá&alejandrosánchezrodríguez1978, author = "Miguel Boldú Campamá & Alejandro Sánchez Rodríguez", title = "Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de un proyecto básico en Camarasa", publisher = "https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19781/ANEJO_FICHAS_DE_PATOLOGÍAS_DEFINITIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y", year = "1978" }</p>
<p>Galería fotográfica relacionada con la patología</p>	<p>https://bit.ly/3uskmrF</p>
<p>Recomendaciones: Limpiar los microorganismos y realizar limpiezas periódicas para evitar posibles patologías secundarias.</p>	

Tabla 10. Identificación de Patología 5, Caso de Estudio 2.

Puente Bimbabum		
Lesiones identificadas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Perforaciones circulares en forma de galería. 2. Pérdida de sección por pudrición. 3. Túneles cerca de la superficie 4. Irregularidades 		
<i>Figura 51. Fuente: Autor</i>		
Comentario: Presencia continua de oquedades realizadas por los insectos xilófagos		
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS		
Patología identificada	Técnica de reconocimiento	Equipo de reconocimiento
Infección de la madera por insectos xilófagos De ciclo larvario	<ul style="list-style-type: none"> * Visual * Inspección por Ultrasonidos * Punzonamiento con taladros * Barretas Pressler 	<ul style="list-style-type: none"> * Visual * Ultrasonido * Vaso Invertido * Lupa
Tratamiento		

- Se deben aplicar tratamientos curativos en el cual se deben seguir las fases que se pueden encontrar en el documento [Fases de los Tratamiento Curativo](#) y los tratamientos respectivos en el documento [Tratamiento de Ciclo Larvario](#).
- Introducir insecticida de manera que entre en contacto con el insecto y lo elimine. (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)
- Para la eliminación de estos insertos Ruiz Gorrindo (2014) propone un tratamiento químico, un tratamiento con inhibidor de la síntesis de la quitina y un tratamiento con esfuerzo estructural el cual se encuentre en el documento [Extracto de Ruiz Gorrindo](#)
- Por último, se deben aplicar tratamientos preventivos para prevenir nuevas infecciones las cuales encontraremos en el documento [Tratamiento preventivo de la Madera](#)

Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Enlaces de referencia
1. Artículo: “Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador” By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés	1. @BOOK {jorgeandrésreyesochoa2017, author = "Jorge Andrés Reyes Ochoa", title = "Patologías de la madera", publisher = "Cuenca", year = "2017" }
2. Artículo: Inspección de estructuras de madera. Ejemplo de un edificio en un centro	2. @BOOK {franciscoarriaga;miguelstebaneignacioboba

urbano” By: Arriaga, Francisco and Esteban, Miguel and Bobadilla, Ignacio	dilla2006, author = "Francisco Arriaga; Miguel Esteban e Ignacio Bobadilla", title = "Inspección de estructuras de madera. Ejemplo de un edificio en un centro urbano", publisher = "Revista electrónica No. 2", year = "2006" }
3. Mastersthesis: “Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa”. By: Sánchez Rodríguez, Alejandro and Boldú Campamá	3. @mastersthesis{sanchez2013proyecto, title={Proyecto de rehabilitaci{\o}n y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto b{\a}sico en Camarasa}, author={S{\a}nchez Rodr{\i}guez, Alejandro and Bold{\u} Campam{\a}, Miquel}, type={{B.S.} thesis}, year={2013}, school={Universitat Polit{\e}cnica de Catalunya} }
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://bit.ly/3shBbCZ
Recomendaciones: Emplear tratamientos curativos con la finalidad de evitar pérdidas de resistencia del elemento y posterior a esto emplear tratamientos preventivos para evitar futuros ataques.	

4.2.3 Caso de estudio 3

Figura 52. Puente Velasco Ibarra.




Fuente: Propia

Descripción: Como segundo caso se ha tomado el puente Velasco Ibarra del cantón Gualaceo, el cual toda su estructura está constituido por madera.


Ubicación: El puente está ubicado en la provincia del Azuay (Ecuador), en el cantón Gualaceo las cuales se encuentran en las coordenadas UTM WSG84 17S (747432.32 m. E 9680295.15 m. S)

Tabla 11. Identificación de Patología 6, Caso de Estudio 3.

Puente Velasco Ibarra		
Lesiones identificadas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Decoloración 2. Color Oscuro 3. Resquebrajamiento 		
		<i>Figura 53. Fuente: Autor</i>
Comentario: Se encuentra disminuida la sección a causa de la pudrición excesiva.		
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS		
Patología identificada	Técnica de reconocimiento	Equipo de reconocimiento
Pudrición Seca	<ul style="list-style-type: none"> * Inspección visual detallada * Inspección por ultrasonido * Talados 	<ul style="list-style-type: none"> * Visual * Ultrasonido automático * Detector de humedad

Tratamiento	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se pueden aplicar tratamientos de refuerzo o de consolidación los cuales podemos encontrar en el documento de Tratamientos Totales ➤ Según Cruz de León (2010) las secciones de las vigas que se encuentran un contacto con los muros es donde la humedad provoca mayores efectos de pudrición por lo que propone métodos constructivos los cuales se encuentra en el documento. Extracto de Cruz de León 	
Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Enlaces de referencia
<p>1. Libro: Tratado de Rehabilitación Tomo 3. Patologías y técnicas de intervención. Elementos estructurales. By: Abásolo, Andrés and others</p>	<p>1. @misc{abasolo2001tratado, title={Tratado de Rehabilitación, Tomo 3. Patología y técnicas de intervención. Elementos Estructurales}, author={Abásolo, Andrés and others}, year={2001}, publisher={Ediciones Munilla-Lerúa: Madrid} }</p>
Galería fotográfica relacionada con la patología	<p>https://bit.ly/3gunpHs</p>
<p>Recomendaciones: Se recomienda tratamientos de sustitución debido a que este elemento no aporta resistencia mecánica a la estructura.</p>	

Tabla 12. Identificación de Patología 7, Caso de Estudio 3.

Puente Velasco Ibarra		
Lesiones identificadas		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Inicialmente, las maderas claras tienden a oscurecer y las oscuras a aclarar 2. Pérdida del tono natural o del tratamiento al cual fue expuesta la pieza. 3. Color Gris 4. Fisuras y traquelado en los distintos recubrimientos 		
		<i>Figura 54. Fuente: Autor</i>
Comentario: Se encuentra expuesto a los rayos UV		
RESULTADOS GENERADOS EN LA BASE DE DATOS		
Patología identificada	Técnica de reconocimiento	Equipo de reconocimiento
Envejecimiento de la madera	* Visual	* Visual
Tratamiento		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eliminar la zona dañada haciendo cortes hasta llegar a una zona sana 		

- Aplicar tratamientos curativos mencionados en el documento de [Tratamiento preventivo de la Madera](#)
- Para (Abásolo & others, 2001; Broto & Mostaedi, 2005) mencionan que para evitar o disminuir el envejecimiento de la madera se utiliza pinturas y barnices que filtran los rayos UV e impiden el lavado del agua, siempre teniendo en cuenta las medidas adecuadas para impedir las retenciones de agua y mejorar la ventilación de la madera y su protección de la lluvia.

Referencias bibliográficas acerca de la patología identificada	Enlaces de referencia
1. Artículo: “Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador” By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés	1. @BOOK {jorgeandrésreyesochoa2017, ubli = “Jorge Andrés Reyes Ochoa”, title = “Patologías de la madera”, ubliher = “Cuenca”, year = “2017” }
2. Libro: “Enciclopedia Broto de patologías de la construcción” By: Broto, Carles and Mostaedi, Arian	2. @book{broto2005enciclopedia, title={Enciclopedia Broto de patologías de la construcción}, author={Broto, Carles and Mostaedi, Arian}, year={2005}, publisher={Links} }
Galería fotográfica relacionada con la patología	https://bit.ly/34efhbT

Recomendaciones: Eliminar la zona dañada y aplicar protectores contra los rayos UV

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- a. La gran cantidad de información bibliográfica presente en esta investigación, sirve para tener un conocimiento de las patologías presentes en la madera las cuales forman parte del marco teórico.
- b. En cuanto a normativas para dar a una estructura de madera por desahucio no se evidenciaron ninguna. Debido a esto a un elemento de madera se le puede dar por desahucio cuando a pesar de emplear tratamientos y hacer un análisis estructural no son capaces de soportar esfuerzos admisibles y sus deformaciones superan a las admisibles.
- c. Como parte complementaria de la base de datos se ejecutó un el levantamiento de información de campo, de un gran porcentaje de estructuras de madera, lo cual se pudo evidenciar exitosamente, las patologías descritas en el marco teórico. Este levantamiento ayudó a la creación de la base de datos fotográfica.
- d. Para el proceso de análisis, recolección, organización y clasificación de la base de datos en estructuras de madera, proporcionaron buenos resultados los cuales se encuentran plasmados en el software NOTION de manera simple y organizada.
- e. Con la base de datos creado en esta investigación facilita y simplifica el estudio de las patologías en estructuras de madera, gracias a su contenido de información teórica con sus respectivas imágenes bibliográficas como la de campo.

- f. Las patologías más comunes en la madera son por causa de agentes xilófagos provocando lesiones irreversibles en los elementos estructurales.
- g. La vinculación de la base de datos de patologías en madera con otras de similar enfoque establecerá sin duda un conjunto de información sólida y variada sobre patologías estructurales en diferentes materiales. Esta información de la base de datos general ayudará a formación académica como profesional.
- h. En los casos de estudio se hizo uso de la base de datos para identificar la patología, comparando las características que presentaban estas enfermedades. La base de datos proporciona información complementaria tales como el tratamiento.
- i. En la base de datos fotográficos incorporado a la base, ayudará a diferenciar una patología de otra, ya que en muchos casos presentan ciertas similitudes.

5.2. Recomendaciones.

- a. Saber identificar las lesiones que presentan las estructuras de madera para un mejor manejo de la base de datos, puesto que esto permitirá ser más objetivos a la hora de la búsqueda de la patología ya que estos se originan por varios factores.
- b. Proporcionar de manera periódica mantenimientos preventivos en la madera ya que estos son más susceptibles a sufrir patologías que en otros materiales.
- c. Alimentar a la base de datos fotográficas de manera periódica y con archivos de excelente calidad para obtener una variedad de imágenes que servirán como filtro y comparación de las patologías existentes.

- d. Revisar detenidamente los tratamientos o soluciones recomendadas para cada patología de manera que se ajusten de la mejor forma al problema patológico y a las condiciones reales de cada usuario.
- e. Tener conocimiento tanto de los términos técnicos como de las estructuras de la madera para una mejor interpretación de la información expuesta en esta investigación.

Referencias Bibliográficas

- Abásolo, A. & others. (2001). *Tratado de Rehabilitación, Tomo 3. Patología y técnicas de intervención. Elementos Estructurales*. Ediciones Munilla-Lería: Madrid.
- AITIM. (1998). *Agentes destructores de la madera*.
https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_3239_11585.pdf.
- AITIM. (2011). *Protección de la madera*.
https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_766_Madera_Agentes_Degradadores_18.07.2011.pdf.
- Arbelo, A., & Garbuyo, E. (2012). *Patologías en la construcción en madera. Estudio de caso: Vivienda Punta Colorada*.
- Barranco Fragoso, R. (2012). ¿Qué es Big Data? *IBM developerWorks*.
- Barreiro, S., & Hirsch, T. (2011). *Protección de la madera*.
- Bedoya Villacreses, C. R. (2010). *Evaluación patológica del edificio de la Policía Nacional ubicado en las calles Jorge Drom y Unión Nacional de Periodistas, en la ciudad de Quito* [B.S. thesis]. QUITO/PUCE/2010.
- Broto, C., & Mostaedi, A. (2005). *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción*. Links.
- Brotóns, P. U. (2013). *Construcción de estructuras de madera*. Editorial Club Universitario.
- Bustos Molina, K., & Bonfante Polo, A. (2014). *Caracterización, clasificación y patología de las especies de maderas más usadas en la construcción como elementos estructurales permanentes en la ciudad de Cartagena* [PhD Thesis]. Universidad de Cartagena.
- Cabrera Rodríguez, T. P., & Plaza Cantos, R. E. (2014). *Propuesta de rehabilitación estructural constructiva para la vivienda de la familia Plaza Alvedaño*.
- Carrión, J. (2002). *Gestión de Conocimientos*. Recuperado en Mayo, 4, 2007.

- Collar, J. C., Prieto, E. H., & Barra, M. R. D. (2009). Ensayos no destructivos sobre madera estructural. Una revisión de 30 años en España. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 6(17), 26-41.
- Cortes Henao, B., & Perilla Morales, K. (2017). *Identificación de patologías estructurales en edificaciones indispensables del municipio de Santa Rosa de Cabal (sector educativo)*.
- Cruz de León, J. (2010). *Manual para la protección contra el deterioro de la madera*.
- E.10 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Norma Técnica E.10 Madera del Reglamento Nacional de Edificaciones*.
- Fernández-Villegas, F. (1983). *Estructuras de madera*. México.
- Gabaldón, J. A. (2012). *Madera «Estructura y Composición»*.
https://www.academia.edu/29725544/MADERA_Estructura_y_Composición_email_work_card=title.
- Galindo Galindo, J. J., & Zalamea León, J. F. (2020). *Determinación de las propiedades mecánicas de las vigas de madera laminada como elementos estructurales*. Cuenca.
- García Gómez, S., & Ochoa Jaramillo, L. M. (2015). *Patologías en la madera*.
https://www.academia.edu/24026473/Patolog%C3%ADas_en_la_Madera_Profesor.
- Herrero, J. D. J. (1984). *Introducción a la Patología*.
- Hervás, V. (2013). *Materiales de uso técnico, la madera*.
- INEN. (2015). *Estructuras de Madera*.
- INN. (1977). «*Madera-Construcciones en madera-Cálculo*». .EOf77. Norma NCh 1198.
- Junta del Acuerdo de Cartagena, J. (1988). *Manual del grupo andino para la preservación de maderas*. Editorial PRID-MADERA Lima, Perú.
- Lasheras Merino, F. (2009). *Patología de la construcción madera*.

- Monjo Carrió, J., & Maldonado Ramos, L. (2001). *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. Munilla-Lería.
- Mora Ramírez, G. A., & Nova Cañas, O. A. (2018). *Estudio de caso casa Chinauta y casa Ojeda Sylvania, protección por diseño a la fotodegradación*.
- Morocho, D. E. E., & Erazo, I. H. A. G. (2014). Reforzamiento estructural para forjados de madera en edificaciones patrimoniales y contemporáneas. *Bachelor's thesis*, Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador.
- Oliva, A. G. (1984). La madera en la construcción. *Informes de la Construcción*, 35(358), 5-28.
- Parra, B., & Vásquez, P. (2014). *Patología, Diagnóstico y Propuestas de Rehabilitación de la Vivienda de la Familia Bermeo Alarcón* [PhD Thesis]. Universidad de Cuenca.
- Reyes, J., & Zaruma, L. (2017). *Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador*.
- Ricardo, C. M. (2009). *Bases de datos*. McGraw Hill Educación.
- Rodríguez Godínez, Ó. M. R. (2013). *Defectos y enfermedades de la madera*. http://132.248.9.195/ptd2013/enero/0688067/0688067_A8.pdf.
- Ruiz Gorrindo, F. (2014). *Escala de gravedad de daños en edificios: De la asignación directa a la contrastación estadística*.
- Salazar Alvarado, V. H. (2014). *Vivienda con Estructuras de Madera en la Ciudad de Guayaquil* [B.S. thesis].
- Sánchez Rodríguez, A., & Boldú Campam\, M. (2013). *Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa* [B.S. thesis]. Universitat Polit\ecnica de Catalunya.

UNE 56-537-78. *Características físico-mecánicas de la madera. Interpretación de los ensayos de los resultados. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR).*

Vaca Cañas, D. E. (2020). *Análisis y evaluación de patologías presentes en la estructura del Teatro Nacional Sucre del DM de Quito* [B.S. thesis]. PUCE-Quito.

Valverde-Otárola, J. C. (2011). *Efectos del intemperismo en el color y calidad de superficie de la madera de Acacia mangium, Cedrela odorata y Tectona grandis con tres acabados.*

Vega, J. A. de la. (2015). *Ingeniería en computación Fundamentos de base de datos.* México.

Zanni, E. (2008). *Patología de la madera.* Editorial Brujas.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Características principales o lesiones de cada patología 133

Anexo 2 Base de datos sobre patologías en estructuras de madera 141

ANEXO 1 (Tabla de características principales o lesiones de cada patología)

Anexo 1 *Características principales o lesiones de cada patología*

Patología	Características Principales
<p>M.1 Infección de la madera por insectos xilófagos De ciclo larvario</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Perforaciones circulares en forma de galería. * Perdida de sección por pudrición. * Porosidad* Serrín fino en la zona * Túneles cerca de la superficie * Presencia de larvas o pulpas en el interior de las piezas * Irregularidades * Ruidos de rascado
<p>M.2 Infección de la madera por insectos xilófagos sociales (Isópteros o Termitas)</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Alto contenido de humedad * Galerías rellenas de tierra húmeda y túneles. * Galerías superficiales en la tierra (cerca del edificio atacado) de 1 a 2 cm. * Laminas defoliadas * Polvo o aserrín * Túneles cerca de la superficie

	<ul style="list-style-type: none"> * Presencia de larvas o pulpas en el interior de las piezas * Ruidos de rascado
M.3 Agrietamiento	<ul style="list-style-type: none"> * Perdida de humedad superficial haciendo que exista una tensión entre el interior y la superficie del elemento * Fendas en la superficie de la pieza
M.4 Aplastamiento Transversal o desintegración de la superficie de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> * Aplastamiento * Grietas * Compresión en dirección perpendicular a las fibras * Presencia continua de humedad * Elementos en constante contacto con el piso
M.5 Disminución de la sección	<ul style="list-style-type: none"> * Disminución de la sección del elemento
M.6 Pudrición blanca, corrosivas, fibrosas o deslignificantes	<ul style="list-style-type: none"> * La madera puede desintegrarse por simple presión de los dedos. * Desprendimientos en la superficie. * Da positivo a la prueba de oxidasa.

	<ul style="list-style-type: none"> * Fibroso *Color blanquecino o ligero en color con rayas oscuras. * Fibroso o Incluso Harinoso. *Aspecto normal de la madera * Sonido hueco o cambio de sonido * Olor a Moho * Aparición de algún tipo de insecto * Decoloración de la madera. * Elementos en constante contacto con el piso
M.7 Envejecimiento de la madera	<ul style="list-style-type: none"> * Inicialmente, las maderas claras tienden a oscurecer y las oscuras a aclarar * Pérdida del tono natural o del tratamiento al cual fue expuesta la pieza. * Color Gris * Fisuras y traquelado en los distintos recubrimientos
M.8 Putrefacción	<ul style="list-style-type: none"> * Descomposición de la madera.

	<ul style="list-style-type: none"> * Presencia de hongos
M.9 Ataque Biológico. Microorganismos vegetales	<ul style="list-style-type: none"> * Presencia de plantas en las uniones de las canteras
M.10 Ruptura de elementos estructurales	<ul style="list-style-type: none"> * Fendas * Elementos estructurales Rotos * No tiene aporte a la estructura.
M.11 Deformaciones	<ul style="list-style-type: none"> * Deformación excesiva del elemento estructural * Flechas apreciables a simple vista * Excentricidad de los elementos
M.12 Infección por hongos cromógenos	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de coloración superficial o de poca profundidad. * Color azulado o pardo rojizo * Alteración de su aspecto externo
M.13 Fotodegradación	<ul style="list-style-type: none"> * Color blanquecino * Desfibrado * Oscurecimiento de la madera a un tono marrón.

	<ul style="list-style-type: none"> * Debilitamiento mecánico de la sustancia leñosa. * Peinado superficial
M.14 Carbonización superficial	<ul style="list-style-type: none"> * Capa carbonizada * Reducción de la sección * Perdida de humedad
M.15 Oxidación o Corrosión de la madera	<ul style="list-style-type: none"> * Manchas Negras o azuladas muy intensas. * Oscuras * Alto contenido de humedad
M.16 Hinchazón o esponjamiento	<ul style="list-style-type: none"> * Aumento de las dimensiones de forma irreversible. * Alto contenido de humedad
M.17 Infección de la madera por insectos xilófagos marinos	<ul style="list-style-type: none"> * Orificios de un diámetro de 1 mm en adelante. * Túneles cerca de la superficie * Presencia de larvas o pulpas en el interior de las piezas * Irregularidades * Ruidos de rascado

M.18 Pudrición Parda o cúbica	<ul style="list-style-type: none"> * Color Pardo oscuro o marrón * La madera se desgrana en cubos * La madera descompuesta es frágil * Numerosas líneas cruzadas similar a un aspecto quemado * Pérdida de Peso * Sonido hueco o cambio de sonido * Agrietamiento perpendicular y transversal, formando estructuras paralelepípedicas, prismáticas o laminares
M.19 Pudrición suave o blanda	<ul style="list-style-type: none"> * Madera ablandada o esponjoso * Apariencia de queso fresco * Decoloración * Color Oscuro * Consistencia Grasosa
M.20 Pudrición Seca	<ul style="list-style-type: none"> *Decoloración *Color Oscuro *Resquebrajamiento
M.21 Degradación Química	<ul style="list-style-type: none"> * Color blanco descolorado (Bases fuertes)

	<ul style="list-style-type: none"> * Color oscuro (ácidos fuertes) similar al de la madera dañada por el fuego. * Pérdida de peso * Aumento de Volumen
M.22 Defectos de crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> * Nudos * Inclinaciones del Grano * Fallas de compresión * Perforaciones * Médula excéntrica
M.23 Defectos de interrelación de los elementos (Uniones)	<ul style="list-style-type: none"> * Rajaduras * Separación de los elementos
M.24 Capilaridad	<ul style="list-style-type: none"> * Alto contenido de Humedad * Disminución de la sección * Desprendimiento de los elementos * Manchas

ANEXO 2 (Base de datos sobre patologías en estructuras de madera)

Patología	Descripción	Características Principales	Etiología	Referencia	Página	Imágenes	Enlaces de Referencia	Equipo de Medición	Técnica de Reconocimiento	Tratamiento
M.1 Infección de la madera por insectos xilófagos De ciclo larvario	La acción de los insectos xilófagos tiende a destruir la madera mediante perforaciones de galería. Estos insectos se alimentan de las sustancias nutritivas de la madera afectando la resistencia mecánica. Entre la variedad de los insectos xilófagos tenemos los coleópteros o escarabajos de las familias de los anobidos o carcomas, bostríquidos o barrenillos, cerambícidos, algaveros o longicornios,	<ul style="list-style-type: none"> * Perforaciones circulares en forma de galería. * Pérdida de sección por pudrición. * Porosidad * Serrín fino en la zona * Túneles cerca de la superficie * Presencia de larvas o pulpas en el interior de las piezas 	Madera	<p>Artículo: “Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador”</p> <p>By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés</p>	128	https://bit.ly/3shBbCZ	<p>@article{reyesidentificacion, title={Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador}, author={Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés}}</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Visual * Ultrasonido * Fonendoscopia * Lupa 	<ul style="list-style-type: none"> * Inspección por Ultrasonido * Visual * Punzonamiento con taladros. * Barretas Pressler. 	<ul style="list-style-type: none"> * Se deben aplicar tratamientos curativos en el cual se deben seguir las faces que se pueden encontrar en el documento Fases de los Tratamiento Curativo y los tratamientos respectivos en el documento Tratamiento de Ciclo Larvario. * Introducir insecticida de manera que entre en contacto con el insecto y lo elimine. (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1988)

	<p>curculiónidos o gorgojos y lícidos o polillas de la madera</p>	<p>* Irregularidades * Ruidos de rascado</p>	<p>Artículo: Inspección de estructuras de madera. Ejemplo de un edificio en un centro urbano” By: Arriaga, Francisco and Esteban, Miguel and Bobadilla, Ignacio</p>	6	<p>@article{arriaga2014inspeccion, title={Inspección de estructuras de madera. Ejemplo de un edificio en un centro urbano= Inspection of a Timber Structure an Example in a Building Downtown}, author={Arriaga, Francisco and Esteban, Miguel and Bobadilla, Ignacio}, journal={Revista electrónica ReCoPar}, number={2}, pages={24--36}, year={2014} }</p>		<p>* Para la eliminación de estos insertos Ruiz Gorrindo (2014) propone un tratamiento químico, un tratamiento con inhibidor de la síntesis de la quitina y un tratamiento con esfuerzo estructural el cual se encuentre en el documento Extracto de Ruiz Gorrindo</p> <p>* Por último se deben aplicar tratamientos preventivos para prevenir nuevas infecciones las cuales encontraremos en el documento Tratamiento preventivo de la Madera</p>
			<p>Mastersthis: “Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa”. By: Sánchez Rodríguez, Alejandro and Boldú Campamá</p>	38	<p>@mastersthis{sanchez2013proyecto, title={Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa}, author={Sánchez Rodríguez, Alejandro and Boldú Campamá, Miquel}, type={{B.S.} thesis}, year={2013},</p>		

		<p>* Presencia de larvas o pulpas en el interior de las piezas</p> <p>*Ruidos de rascado</p>		<p>By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés</p>		<p>Zaruma Mochas, Luis Andr{\e}s }</p>		<p>Parathion, Malathion, Endosulfan, Tricloforon o Diazinone se prepara una mezcla líquida, a razón de 50-70 gramos de sustancia activa por hectolitro de agua y se rocía en abundancia. Es conveniente repetir la operación en zonas vecinas para evitar que se reconstituya parte de la colonia. El tratamiento se completa vaporizando Xilamón, Legnosan, Arbezol o similares en los puntos atacados y a lo largo de las galerías de las termitas que se dirigen hacia el nido.</p> <p>* Según de la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988) existen trazadores radioactivos mediante soluciones ionizantes (Na²⁴, P³², Cl³⁶, Ca⁴⁵), con los que se capturan varios insectos, los que son sumergidos en una solución radiactiva y se les sigue hasta su</p>
--	--	--	--	---	--	--	--	--

									<p>termitero y al localizarlo se procede a su destrucción.</p> <p>* Para la eliminación de estos insertos Ruiz Gorrindo (Ruiz Gorrindo, 2014) propone un tratamiento químico, un tratamiento con inhibidor de la síntesis de la quitina y un tratamiento con esfuerzo estructural el cual se encuentre en el documento Extracto de Ruiz Gorrindo</p> <p>* Por último se deben aplicar tratamientos preventivos para prevenir nuevas infecciones las cuales encontraremos en el documento Tratamiento preventivo de la Madera</p>	
M.3 Agrietamiento	Se puede considerar que un elemento estructural de madera se encuentra agrietado cuando	* Pérdida de humedad superficial haciendo que exista una tensión entre el interior y la	Madera	Artículo: "Identificación y solución de las principales patologías	134	https://bit.ly/3HvZB	@article{reyesidentificacion, title={Identificación y solución de las principales patologías presentes en	*Visual	*Visual	<p>* Evitar las cargas excesivas.</p> <p>* Realizar tratamiento tales como el refuerzo o sustitución de los</p>

<p>tiene una separación mayor a 1.5 mm.</p> <p>Los agrietamientos atraen a la aparición de fendas en la superficie de la pieza por la acción combinada de la radiación IR y la sucesión de los ciclos termo húmedos que hinchán y encogen la madera.</p>	<p>superficie del elemento</p> <p>* Fendas en la superficie de la pieza</p>	<p>presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador”</p> <p>By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés</p>	<p>Mastersthesis:</p> <p>“Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa”.</p> <p>By: Sánchez Rodríguez, Alejandro and Boldú Campamá.</p>	<p>33</p>	<p>estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador}, author={Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés} }</p> <p>@mastersthesis {sanchez2013proyecto, title={Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa}, author={Sánchez Rodríguez, Alejandro and Boldú Campamá}, type={B.S. thesis}, year={2013},</p>		<p>elementos los mismos que se pueden encontrar en el documento de Tratamientos Totales</p> <p>* Para Gabaldón (Gabaldón, 2012) utilizar tratamientos protectores tales como repelentes de agua y preservativos para la madera, deberían de contener aditivos fotoprotectores en adición a los hidrófobos (ceras y aceites), para incrementar su capacidad de disminuir el agrietamiento de la madera expuesta a la intemperie.</p>
--	---	---	---	-----------	---	--	---

					school={Universitat Politècnica de Catalunya} }			
			Libro: “Madera Estructura y Composición”.	220	@BOOK {juanantoniogabaldón2012, author = "Juan Antonio Gabaldón", title = "Madera Estructura y Composición", publisher = " https://www.academia.edu/29725544/MADERA_Estructura_y_Composición_email_work_card "} year = "2012" }			
			Libro: Tratado de Rehabilitación Tomo3. Patologías y técnicas de intervención. Elementos estructurales.	261	@misc{abasolo2001tratado, title={Tratado de Rehabilitación, Tomo 3. Patologías y técnicas de intervención. Elementos Estructurales}, author={Abásolo, Andrés and others}, year={2001}, publisher={Ediciones Munilla-Lerida: Madrid} }			

<p>M.4 Aplasta miento Transver sal o desintegr ación de la superfici e de apoyo</p>	<p>Es producida por aplastamiento transversal de elementos comprimidos en dirección perpendicular a la fibra. La desintegración es la pérdida o desgaste abrasivo de las partículas del material.</p>	<p>* Aplastamiento * Grietas * Compresión en dirección perpendicular a las fibras * Presencia continua de humedad * Elementos en constante contacto con el piso</p>	<p>Madera</p>	<p>Artículo: “Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador” By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés</p>	<p>136</p>	<p>https://bit.ly/3L7e2LY</p>	<p>@BOOK {jorgeandrésreyesochoa2017, publi = “Jorge Andrés Reyes Ochoa”, title = “Patologías de la madera”, publisher = “Cuenca”, year = “2017” } @article{laseras2009patologia, title={Patología de la construcción madera}, author={Laseras Merino, Félix}, year={2009}, publisher={Thomson Reuters, Aranzadi, SA} }</p>	<p>*Visual</p>	<p>*Visual</p>	<p>* Eliminar la zona afectada *Aplicar tratamientos de sustitución que se encuentran en el documento Tratamientos Totales *Dar un tratamiento preventivo para el resto de la pieza los cuales se citan en el documento Tratamiento preventivo de la Madera</p>
---	--	---	---------------	--	------------	--	---	----------------	----------------	---

M.5 Disminución de la sección	Desgaste de las partículas superficiales del material, el cual se produce progresivamente por factores externos	Disminución de la sección del elemento	Madera	Artículo: “Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador” By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés	144	https://bit.ly/34gpa8X	@article{reyesidentificacion, title={Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador}, author={Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés}}	Visual	Visual	* En el caso de que la madera se esté en condiciones estructurales se pueden aplicar tratamientos de refuerzo en caso contrario se deberá aplicar tratamiento como los de sustitución, todos estos tratamientos se pueden encontrar en el documento Tratamientos Totales * Después de realizar estos tratamientos se deben también emplear tratamientos preventivos para evitar futuras infecciones. Los tratamientos se pueden encontrar en el documento Tratamiento Preventivo de Madera
M.6 Pudrición blanca, corrosiva, fibrosa o	Son producidos por hongos que se alimentan de la hemicelulosa y lignina, el cual produce una progresiva disminución de los componentes de la madera.	* La madera puede desintegrarse por simple presión de los dedos. * Desprendimientos en la superficie.	Madera	Artículo: “Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones	146	https://bit.ly/3ovVdbQ	@article{reyesidentificacion, title={Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro	Visual	Visual	* En caso de que la madera se encuentre en condiciones estructurales favorables se puede aplicar tratamientos curativos siguiendo las Fases de los Tratamiento Curativo , en caso contrario se deberá aplicar

deslignificantes	* Da positivo a la prueba de oxidasa.	patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador”		histórico de Cuenca-Ecuador}, author={Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés }		tratamientos totales expuestos en el documento Tratamientos Totales
	* Fibroso	By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés				*Según Cruz de León (Cruz de León, 2010) las secciones de las vigas que se encuentran un contacto con los muros es donde la humedad provoca mayores efectos de pudrición por lo que propone métodos constructivos los cuales se encuentra en el documento.
	*Color blanquecino o ligero en color con rayas oscuras.	Libro: “Enciclopedia Broto de patologías de la construcción”	212 y 222	@book{broto2005enciclopedia, title={Enciclopedia Broto de patologías de la construcción}, author={Broto, Carles and Mostaedi, Arian}, year={2005}, publisher={Links} }		Extracto de Cruz de León
* Fibroso o Incluso Harinoso.	Libro: Tratado de Rehabilitación Tomo3. Patologías y técnicas de intervención. Elementos estructurales.	266	@misc{abasolo2001tratado, title={Tratado de Rehabilitación Tomo 3. Patología y técnicas de intervención. Elementos Estructurales}, author={Abásolo, Andrés and others			
*Aspecto normal de la madera						
* Sonido hueco o cambio de sonido						
* Olor a Moho						
* Aparición de algún tipo de insecto						
*Decoloración de la madera.						
* Elementos en constante contacto con el piso						

						and others}, year={2001}, publisher={Ediciones Munilla-Ler{\i}a: Madrid} }				
M.7 Envejeci miento de la madera	Se da cuando la madera está expuesta a la acción de la lluvia y el hielo y con más frecuencia es debido a cambios hidrotérmicos y la acción de los rayos UV del sol	<ul style="list-style-type: none"> * Inicialmente, las maderas claras tienden a oscurecer y las oscuras a aclarar * Pérdida del tono natural o del tratamiento al cual fue expuesta la pieza. * Color Gris * Fisuras y traquelado en los distintos recubrimientos 	Madera	<p>Artículo: “Identificación y solución de las principales patologías presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro histórico de Cuenca-Ecuador”</p> <p>By: Reyes Ochoa, Jorge Andrés and Zaruma Mochas, Luis Andrés</p>	152	https://bit.ly/34efhbT	@article{reyesidentificacion, title={Identificaci{\o}n y soluci{\o}n de las principales patolog{\i}as presentes en estructuras de madera de edificaciones patrimoniales, localizadas en el Centro hist{\o}rico de Cuenca-Ecuador}, author={Reyes Ochoa, Jorge Andr{\e}s and Zaruma Mochas, Luis Andr{\e}s} }	Visual	Visual	<ul style="list-style-type: none"> * Eliminar la zona dañada haciendo cortes hasta llegar a una zona sana * Aplicar tratamientos curativos mencionados en el documento de Tratamiento preventivo de la Madera * Para (Abásolo & others, 2001; Broto & Mostaedi, 2005) mencionan que para evitar o disminuir el envejecimiento de la madera se utiliza pinturas y barnices que filtran los rayos UV e impiden el lavado del agua, siempre teniendo en cuenta las

				Libro: “Enciclopedia Broto de patologías de la construcción” By: Broto, Carles and Mostaedi, Arian	220	@book{broto2005enciclopedia, title={Enciclopedia Broto de patologías de la construcción}, author={Broto, Carles and Mostaedi, Arian}, year={2005}, publisher={Links} }			medidas adecuadas para impedir las retenciones de agua y mejorar la ventilación de la madera y su protección de la lluvia.
M.8 Putrefacción	Esta patología se pudre a causa de la humedad, ya que los extremos de las vigas de madera, al quedar empotrada y no airear, provoca que se concentren un grado de humedad elevado incrementado el deterioro.	* Descomposición de la madera. * Presencia de hongos	Madera	Mastersthis: “Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa”. By: Sánchez Rodríguez, Alejandro and Boldú Campamá.	32	@BOOK {miguelboldúcampamá&alejandrosánchezrodríguez1978, author = "Miguel Boldú Campamá & Alejandro Sánchez Rodríguez", title = "Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de un proyecto básico en Camarasa", publisher = "https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19781/ANEXO_FICHAS%20DE%20PATOLOGIAS_DEFINITIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y", year = "1978" }	Visual	Visual	* Realizar tratamientos de sustitución o tratamiento totales que se encuentran en el documento Tratamientos Totales * Realizar inspecciones visuales periódicas de la estructura de la cubierta, controlando la aparición de nuevas flechas, ataques de insectos o humedades que propiciar la rotura de la viga en cuestión. En su aparición reparar de inmediato y evitar males mayores.

M.9	Los microorganismos vegetales se pueden encontrar asilados o adheridos a otros materiales que afectan los materiales constructivos. Es ataque común en estructuras cuya azotea no ha tenido un mantenimiento en por lo menos tres años.	* Presencia de plantas en las uniones de las canteras	Madera	Mastersthesis: "Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa". By: Sánchez Rodríguez, Alejandro and Boldú Campamá.	41	https://bit.ly/3uskmrF	@BOOK {miguelboldúcampamá&alejandrosánchezrodríguez1978, author = "Miguel Boldú Campamá \& Alejandro Sánchez Rodríguez", title = "Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de un proyecto básico en Camarasa", publisher = "https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19781/AN_EJO_FICHAS%20DE%20PATOLOG%C3%8DAS_DEFINITIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y", year = "1978" }	Visual	Visual	* Eliminar las plantas y realizar la limpieza de las piezas de madera.
M.10	La rotura de las vigas de madera presenta diferentes causas con independencia de una con las otras, solo se relacionan en el hecho de que las vigas rotas no conllevan ninguna aportación a la estructura. La ruptura de los	* Fendas * Elementos estructurales Rotos * No tiene aporte a la estructura.	Madera	Mastersthesis: "Proyecto de rehabilitación y cambio de uso de viviendas partiendo de proyecto básico en Camarasa".	53	https://bit.ly/3B1KpXO	@BOOK {miguelboldúcampamá&alejandrosánchezrodríguez1978, author = "Miguel Boldú Campamá \& Alejandro Sánchez Rodríguez", title = "Proyecto de rehabilitación y cambio de uso	Visual	Visual	* Reparación de esta lesión; para llevar a cabo una actuación cabe la posibilidad de sustituir o reforzar mediante perfiles metálicos y proveer perfiles metálicos en los perímetros de apoyo, los mismos que se pueden encuentra en el

	elementos se puede dar por excesos de carga que generan deformaciones excesivas provocando su ruptura, o por un mal diseño constructivo.			By: Sánchez Rodríguez, Alejandro and Boldú Campamá.			de viviendas partiendo de un proyecto básico en Camarasa", publisher = "https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19781/ANEXO_FICHAS%20DE%20PATOLOGIAS_DEFINITIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y", year = "1978" }			documento de Tratamientos Totales * Se aconseja evitar cualquier tipo de humedad y sobrecargas, además de llevar a cabo un buen mantenimiento y control de la vivienda en general. (Sánchez Rodríguez & Boldú Campamá, 2013)
M.11 Deformaciones	Cuando los elementos de madera son sometidos a cargas mayores a las del diseño o por mal dimensionamiento en el diseño. Es producida en las viguetas por diferencias de cargas y/o diferentes excentricidades entre viguetas adyacentes	*Deformación excesiva del elemento estructural *Flechas apreciables a simple vista * Excentricidad de los elementos	Madera	Artículo: Manual del Grupo Andino para la preservación de madera By: Junta del Acuerdo de Cartagena	31	https://bit.ly/3BggXO9	@misc{junta1988manual, title={Manual del grupo andino para la preservación de maderas}, author={Junta del Acuerdo de Cartagena, JUNAC}, year={1988}, publisher={Editorial PRID-MADERA Lima, Per\u}}	Visual	Visual	* En el documento Tratamientos Totales encontramos tratamientos como apuntalamientos, sustitución, reparación entre otros que nos pueden ayudar con esta patología.

				<p>Libro: “Enciclopedia Broto de patologías de la construcción”</p> <p>By: Broto, Carles and Mostaedi, Arian</p>	220		<p>@book{broto2005enciclopedia, title={Enciclopedia Broto de patologías de la construcción}, author={Broto, Carles and Mostaedi, Arian}, year={2005}, publisher={Links} }</p>			
				<p>Artículo: Patología de la Construcción Madera</p> <p>By: Lasheras Merino, Félix</p>	796		<p>@article{laseras2009patologia, title={Patología de la construcción madera}, author={Lasheras Merino, Félix}, year={2009}, publisher={Thomson Reuters, Aranzadi, SA} }</p>			
M.12 Infección por hongos cromógenos	Son microorganismos (mohos) que se alimenta de las células vivas de la madera, atacan de manera superficial sin causar pudrición ni importante deterioro, pero cambian su color y alteran su aspecto externo. Atacan tanto a frondosas como coníferas (más	<ul style="list-style-type: none"> * Cambio de coloración superficial o de poca profundidad. * Color azulado o pardo rojizo * Alteración de su aspecto externo 	Madera	<p>Libro: “Enciclopedia Broto de patologías de la construcción”</p> <p>By: Broto, Carles and Mostaedi, Arian</p>	223	https://bit.ly/3gue8iA	<p>@book{broto2005enciclopedia, title={Enciclopedia Broto de patologías de la construcción}, author={Broto, Carles and Mostaedi, Arian}, year={2005}, publisher={Links} }</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Visual *Ultrasonid o Automático 	*Visual	<ul style="list-style-type: none"> * Eliminar los hongos presentes en la madera * Realizar tratamientos curativos que se pueden encontrar en el documento AITIM (Tratamientos Curativos).

										* Emplear tratamientos hidrosolubles los cuales se encuentran en Tratamiento Preventivo de Madera
M.14 Carbonización superficial al	Cuando la madera está expuesta al fuego durante un cierto tiempo.	* Capa carbonizada * Reducción de la sección * Pérdida de humedad	Madera	Libro: "Patología de la Madera" By: Zanni, Enrique	82	https://bit.ly/3gxo0rO	@book{zanni2008patologia, title={Patología de la madera}, author={Zanni, Enrique}, year={2008}, publisher={Editorial Brujas} }	Visual	Visual	* Para los autores Barreiro & Hirsch (2011) para madera dañada por el fuego se aplican tratamientos curativos, siempre que esta siga manteniendo una resistencia mínima acorde con su labor, implican: 1.- Eliminación de la capa superficial carbonosa formada en la combustión, con el consiguiente descenso de sección y consecuentemente de resistencia. 2.-Aplicación de protectores de capa (pulverización), o de protectores totales (inyección), retardantes del fuego en previsión se puedan producir combustiones futuras. Dichos tratamientos se pueden encontrar en el documento AITIM (Tratamientos Curativos)

										* Si la Madera ya no cuenta con la resistencia mínima se tendrá que realizar tratamientos totales expuestos en el documento Tratamientos Totales
M.15 Oxidación o Corrosión de la madera	Quando la madera está en contacto con piezas de hierro o acero en condiciones de elevada humedad. Estas manchas son producto de la reacción química entre el hierro y los taninos o polifenoles presentes en los tejidos leñosos.	* Manchas Negras o azuladas muy intensas. * Oscuras * Alto contenido de humedad	Madera	Libro: “Patología de la Madera” By: Zanni, Enrique	88	https://bit.ly/3AZNrfn	@book{zanni2008patologia, title={Patología de la madera}, author={Zanni, Enrique}, year={2008}, publisher={Editorial Brujas} }	Visual	Visual	* Para Zanni (2008) con la finalidad de prevenir estos daños recomienda no utilizar elementos de fijación de origen ferroso en maderas con alto contenido de taninos y periódicamente expuestas a elevada humedad, más bien utilizar elementos similares como el cobre, latón, bronce, etc. * Además, (Abásolo & others, 2001; Zanni, 2008) menciona que para eliminar las manchas se puede eliminar con una solución acuosa de ácido oxálico al 8 % en las zonas afectadas, previa eliminación de las posibles capas protectoras que pueda impedir la

										penetración y por consiguiente la impregnación de la madera.
M.16 Hinchazón o esponjamiento	Es un entumecimiento en la madera en sentido tangencial donde hay mayor cantidad de fibras, así como una pequeña dilatación en el longitudinal. Se puede dar porque ha tenido una humedad elevada o por contacto accidental con el agua.	* Aumento de las dimensiones de forma irreversible. * Alto contenido de humedad	Madera	Artículo: “Efecto de la sorción de humedad en las propiedades Físico-mecánicas de la madera de Caoba” By: Arévalo, Rosven Libardo and Hernández, Roger	3	https://bit.ly/3gr5GRd	@article{arevaloefecto, title={Efecto de la sorción de humedad en las propiedades Físico-mecánicas de la madera de Caoba (Swietenia macrophylla).}, author={Arévalo, Rosven Libardo and Hernández, Roger E} }	*Visual *Micrómetro	*Visual *Medición con Micrómetro	* Comprobar la resistencia y por consiguiente aplicar métodos de sustitución mencionados en el documento Tratamientos Totales * En caso de aplicar tratamientos preventivos se recomienda aplicar sustancias hidrodispersables o emulsiones los cuales evitan el hinchamiento de la madera
M.17 Infección de la madera por	Este tipo de destrucción se da en los astilleros, embarcaciones, muelles y otras estructuras fijas o flotantes	* Orificios de un diámetro de 1 mm en adelante.	Madera	Libro: “Patología de la Madera” By: Zanni, Enrique	88	https://bit.ly/3J9ff3y	@book{zanni2008patologia, title={Patología de la madera}, author={Zanni, Enrique}, year={2008}, publisher={Editorial Brujas} }	*Visual	*Visual *Inspección Visual detallada	* Se deben aplicar tratamientos curativos en el cual se deben seguir las faces que se pueden encontrar en el documento Fases de los Tratamiento Curativo y los

insectos xilófagos marinos	establecidas en el mar o en aguas salobres.	<ul style="list-style-type: none"> * Túneles cerca de la superficie * Presencia de larvas o pulpas en el interior de las piezas * Irregularidades * Ruidos de rascado 		Libro: “Enciclopedia Broto de patologías de la construcción” By: Broto, Carles and Mostaedi, Arian	241		<pre>@book{broto2005enciclopedia, title={Enciclopedia Broto de patologías de la construcción}, author={Broto, Carles and Mostaedi, Arian}, year={2005}, publisher={Links} }</pre>		tratamientos respectivos en el documento AITIM (Tratamientos Curativos) * En caso de que la patología esté muy avanzada se debe aplicar tratamientos totales expuestos en el documento Tratamientos Totales
M.18 Pudrición Parda o cúbica	Causada por hogos que se alimentan de la celulosa de las paredes celulares, dejando la lignina, descomponiendo mediante un proceso de hidrólisis	<ul style="list-style-type: none"> * Color Pardo oscuro o marrón * La madera se desgrana en cubos * La madera descompuesta es frágil * Numerosas líneas cruzadas similar a un aspecto quemado * Pérdida de Peso * Sonido hueco o cambio de sonido 	Madera	Artículo: “Manual de patología de la edificación” By: Rodríguez, Ventura and Astorqui, Jaime Santa Cruz and Gómez, Ildefonso Tarreño and Demingo, Pascual Ubeda	131	https://bit.ly/3uvDTrg	<pre>@article{rodriguez2004manual, title={Manual de patología de la edificación}, author={Rodríguez, Ventura and RODRIGUEZ, VENTURA RODRIGUEZ and ASTORQUI, JAIME SANTA CRUZ and GOMEZ, ILDEFONSO TORREÑO and DEMINGO, PASCUAL UBEDA}, journal={Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, Tecnologia de edificacion}, year={2004} }</pre>	<ul style="list-style-type: none"> *Visual *Ultrasonido o Automático *Detector de humedad <ul style="list-style-type: none"> *Inspección visual detallada *Inspección por Ultrasonido *Taladros 	*Se pueden aplicar tratamientos de refuerzo o de consolidación los cuales podemos encontrar en el documento de Tratamientos Totales *Según Cruz de León (Cruz de León, 2010) las secciones de las vigas que se encuentran un contacto con los muros es donde la humedad provoca mayores efectos de pudrición por lo que propone métodos constructivos los cuales

		<p>* Agrietamiento perpendicular y transversal, formando estructuras paralelepípedicas, prismáticas o laminares</p>		<p>Manual: “Manual de la protección contra el deterioro de la madera” By: Cruz de León, José</p>	19, 35 y 36		<p>@techreport{cruz2010manual, title={Manual para la protecci{\o}n contra el deterioro de la madera}, author={Cruz de Le{\o}n, Jos{\e}}, year={2010} }</p>			<p>se encuentra en el documento. Extracto de Cruz de León</p>
				<p>Libro: “Enciclopedia Broto de patologías de la construcción” By: Broto, Carles and Mostaedi, Arian</p>	212		<p>@book{broto2005enciclopedia, title={Enciclopedia Broto de patolog{\i}as de la construccion}, author={Broto, Carles and Mostaedi, Arian}, year={2005}, publisher={Links} }</p>			
M.19	<p>Producido por hogos de pudrición, su ataque se restringe en la superficie externa de la madera</p>	<p>* Madera ablandada o esponjoso * Apariencia de queso fresco * Decoloración * Color Oscuro * Consistencia Grasosa</p>	Madera	<p>Libro: “Protección preventiva de la madera” By: Sánchez, Fernando Peraza</p>	53	https://bit.ly/3LgjGvi	<p>@book{sanchez2001proteccion, title={Proteccion preventiva de la madera}, author={S{\a}nchez, Fernando Peraza}, year={2001}, publisher={AITIM} }</p>	<p>*Visual *Ultrasonido Automático *Detector de humedad</p>	<p>*Inspección visual detallada *Inspección por Ultrasonido *Taladros</p>	<p>* Se deben aplicar tratamientos curativos en el cual se deben seguir las faces que se pueden encontrar en el documento Fases de los Tratamiento Curativo y los tratamientos respectivos en el documento AITIM (Tratamientos Curativos) * En el caso de que la pudrición ha afectado a la resistencia de la</p>

									estructura se debe realizar tratamientos totales expuestos en el documento Tratamientos Totales	
M.20 Pudrición n Seca	Es un caso especial en el que los hongos atacan a la madera seca gracias a su facultad de transportar agua a través de los cordones micelares desde cualquier otro lugar hasta la madera. Esta patología puede atravesar paredes y maderas protegidas y está causada fundamentalmente por la mécula	*Decoloración *Color Oscuro *Resquebrajamiento	Madera	Libro: Tratado de Rehabilitación Tomo3. Patologías y técnicas de intervención. Elementos estructurales. By: Abásolo, Andrés and others	266	https://bit.ly/3gunpHs	@misc{abasolo2001tratado, title={Tratado de Rehabilitación Tomo 3. Patologías y técnicas de intervención. Elementos Estructurales}, author={Abásolo, Andrés and others}, year={2001}, publisher={Ediciones Munilla-Leranda: Madrid} }	*Visual *Ultrasonido Automático *Detector de humedad	*Inspección visual detallada *Inspección por Ultrasonido *Taladros	* Se pueden aplicar tratamientos de refuerzo o de consolidación los cuales podemos encontrar en el documento de Tratamientos Totales *Según Cruz de León (Cruz de León, 2010) las secciones de las vigas que se encuentran un contacto con los muros es donde la humedad provoca mayores efectos de pudrición por lo que propone métodos constructivos los cuales se encuentra en el documento. Extracto de Cruz de León

M.21 Degradación Química	<p>Son causados por la presencia de ácidos o bases fuertes que pueden causar daños sustanciales a la madera. Las Bases fuertes atacan a la hemicelulosa y a la lignina mientras que los ácidos fuertes a la celulosa y la hemicelulosa. Las soluciones alcalinas son más destructivas que las ácidas. Los aceites de petróleo o creosotas no tienen efectos apreciables, mientras que el agua y el alcohol tienen efectos tales como el hinchamiento, pero no producen degradación química</p>	<p>* Color blanco descolorado (Bases fuertes)</p> <p>* Color oscuro (ácidos fuertes) similar al de la madera dañada por el fuego.</p> <p>* Pérdida de peso</p> <p>* Aumento de Volumen</p>	Madera	<p>Artículo: “Protección de la madera”</p> <p>By: Barreiro, Silvana and Hirsch</p>	10	https://bit.ly/3ruMacO	<pre>@article{barreiro2011proteccion, title={Protección de la madera}, author={Barreiro, Silvana and Hirsch, Tatiana}, year={2011}, publisher={UR. FARQ} }</pre>	Visual	Visual	<p>*Las condiciones más adecuadas para el uso de la madera en contacto con compuesto químicos son: PH de las soluciones que se encuentre entre 2 y 11, la temperatura sea inferior a los 50°C y que no exista contacto con agentes químicos oxidantes.</p>
				<p>Artículo: “Manual del Grupo Andino para la preservación de la madera”</p> <p>By: Junta del Acuerdo de Cartagena</p>	53		<pre>@misc{junta1988manual, title={Manual del grupo andino para la preservación de maderas}, author={Junta del Acuerdo de Cartagena, JUNAC}, year={1988}, publisher={Editorial PRID-MADERA Lima, Per\u{u}} }</pre>			

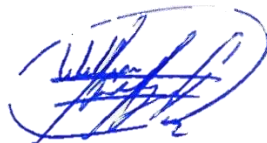
M.22	Defectos de crecimiento Son algunas características que la madera ha adquirido durante el crecimiento del árbol tales como malformaciones, fibra torcida, nudos, etc.	* Nudos * Inclinaciones del Grano * Fallas de compresión * Perforaciones * Médula excéntrica	Madera	Artículo: “Manual del Grupo Andino para la preservación de la madera” By: Junta del Acuerdo de Cartagena	1-27	https://bit.ly/3Gui1i3	@misc{junta1988manual, title={Manual del grupo andino para la preservaci{\o}n de maderas}, author={Junta del Acuerdo de Cartagena, JUNAC}, year={1988}, publisher={Editorial PRID-MADERA Lima, Per{\u}} }	Visual	Visual	* Como prevención se deben colocar estos nudos de manera que estos defectos no queden en zonas de compresión debido a que en estas zonas la madera es muy débil. * Para evitar la deformación, torceduras, arqueadura, etc. en los procesos de secado se deben apilar de manera horizontal a las fibras. * Aplicar tratamientos Preventivos que se encuentran en el documento Tratamiento Preventivo de Madera
M.23	Defectos de interrelación de los elementos (Uniones) Esta patología se da por la mala disposición de clavos o tornillos. También se da por un ensamblado de piezas a contraveta.	* Rajaduras * Separación de los elementos	Madera	Artículo: Patología de la Construcción Madera By: Lasheras Merino, Félix	814	https://bit.ly/3p4g5qD	@article{laseras2009patologia, title={Patolog{\i}a de la construccion maderas}, author={Lasheras Merino, Felix}, year={2009}, publisher={Thomson Reuters, Aranzadi, SA} }	Visual	Visual	* Cunado se coloque en dirección tangencial o longitudinal para conseguir una mejor adherencia y evitar las rajadas se debe colocar los clavos o tornillos en dirección radial y de preferencia en zonas comprimidas. (Lasheras Merino, 2009)

										<p>* Cuando la colocación es alineada y seguida se debe colocar al tresbolillo en dirección radial.</p> <p>* Colocar anclajes en zonas debilitadas, deterioradas o traccionadas.</p>
M.24 Capilaridad	Se da por la ascensión capilar del agua del suelo o muros por los vasos capilares que se transmiten a través de los poros de la madera.	<p>* Alto contenido de Humedad</p> <p>* Disminución de la sección</p> <p>* Desprendimiento de los elementos</p> <p>* Manchas</p>	Madera	<p>Artículo: Estudios patológicos por humedades en los muros exteriores e interiores en las casas que conforman el conjunto residencial Guazuca en el municipio de Guasca</p> <p>By: Ardila Tovar, Jorge Enrique</p>	22	https://bit.ly/3JQFXyt	<p>@article{ardilaestudio, title={Estudio patológico por humedades en los muros exteriores e interiores en las casas que conforman el conjunto residencial Guazuca en el municipio de Guasca}, author={Ardila Tovar, Jorge Enrique} }</p>	*Visual *Detector de humedad	*Visual	<p>* Si la madera está en contacto con los cimientos debe ser aislada por medio de una barrea de humedad que puede consistir en una capa de cartón asfáltico de 3 mm de espesor como mínimo o con productos como polietileno pesado o brea aplicada en caliente.</p> <p>* Si está enterrada debe ser una madera de durabilidad reconocida preservada a presión o cubierta por una capa aislante como brea o alquitrán.</p>

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **William Benito Portoviejo Macao** portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105961213. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Generación de Base de Datos sobre Patologías en Estructuras de Madera”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **25 de febrero de 2022**



F:
William Benito Portoviejo Macao
0105961213