

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE INGENERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MADERA  
UTILIZADOS PARA ENCOFRADOS EN EDIFICACIONES,  
CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE  
GRADO PRESENTADO  
POR LAS BACHILLERES  
DANIELA A. MONSALVE  
D. Y LAUMARYS D.  
UZCÁTEGUI M. PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**CIUDAD BOLÍVAR, ENERO 2018**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ACTA DE APROBACIÓN**

Este Trabajo de Grado, intitulado “EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MADERA UTILIZADOS PARA ENCOFRADOS EN EDIFICACIONES, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR”, presentado por los bachilleres DANIELA MONSALVE Y LAUMARYS UZCÁTEGUI, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profcsores:

Nombre:

Giovanni Grieco  
(Asesor)

Manuel Tomedes  
(Jurado)

Edgar Marquez  
(Jurado)

Profesor Pedro Gamboa  
Jefe del Departamento de Ingeniería Civil

Firma:

Profesor Francisco Monteverde  
Director de la Escuela

Ciudad Bolívar, 19 de Febrero 2018.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicarle este logro a mis padres, ya que sin ellos esto no hubiese sido posible, por el arduo trabajo de todos los días, por su incondicional apoyo, por creer en mi, por sus enseñanzas y llamados de atención en momentos necesarios.

A dios, por darme vida y salud, la inteligencia y fuerza para lograr esto.

A mi tía Patricia, a quien extraño mucho pero sé que me acompaña en cada paso que doy y me cuida desde el cielo orgullosa de lo que he logrado

Br Daniela Monsalve



## **DEDICATORIA**

A Dios, por todo lo que me ha dado y me ha permitido, con él todo, sin él nada, todos mis logros son y serán también para servir a mis semejantes y contribuir al mundo de acuerdo a su voluntad.

A mi mamá Marisol Moya de Uzcátegui y a mi papá Laurence Uzcátegui por ser mis pilares, mi primera escuela y apoyarme en todo momento, a mi hermana Laurimar Uzcátegui por siempre estar para mí, gracias a los tres por todo el amor, la comprensión y por hacer más fácil esta etapa de mi vida.

A todas aquellas personas, familiares, amigos y compañeros que han creído en mí antes y durante mi formación como profesional.

A Venezuela, orgullosa de mis raíces y esperanzada de poder ser parte de la reconstrucción de nuestro país.

Br Laumarys Uzcátegui

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecerle a Dios por iluminarme y guiarme por el camino que voy siguiendo, por todas las cosas buenas que día a día me ofrece, por las pruebas y enseñanzas, por la fuerza que me ha dado cuando la he necesitado.

A mis padres, por su apoyo y amor, por siempre estar a mi lado incondicionalmente, aconsejándome, enseñándome e inculcándome los valores que hoy en día me hacen ser quien soy.

A toda mi familia, por enseñarme la importancia de la unión, por estar en cada momento.

A mi novio, por su apoyo, por levantarme el ánimo y darme palabras de aliento cada vez que las cosas se hacían difíciles.

A mi compañera de tesis, por su amistad, lealtad y confianza, sin ella este camino no hubiese sido tan divertido y memorable como lo fue.

A mis compañeros de clase y profesores, que fueron personas importantes y de gran ayuda en todo este proceso.

A la Universidad de Oriente, por todos estos años de experiencias, traspasos, aprendizajes, felicidad, por darme la oportunidad de conocer personas increíbles que llevare conmigo para toda la vida.

Br Daniela Monsalve

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por siempre estar, por protegerme y guiarme, por mi familia, por darme salud, virtudes, por ponerme en el camino a personas realmente geniales y por permitirme lograr culminar el Trabajo Final de Grado.

Gracias infinitas a mi mamá Marisol Moya de Uzcátegui y a mi papá Laurence Uzcátegui, por todo el amor, por apoyarme en mis decisiones de vida y brindarme lo necesario para poder consolidar mi crecimiento personal y mi formación como profesional.

Gracias a mi hermana Laurimar Uzcátegui por todas sus colaboraciones, motivos de alegrías y risas, por los consejos e incondicionalidad desde siempre.

Gracias a mi amiga y compañera de tesis Daniela Monsalve por todo el apoyo, por la confianza, la paciencia, las risas, su amistad y por todo lo vivido antes y durante la realización de nuestro Trabajo Final de Grado, y a su familia, infinitas gracias también.

Gracias a la Universidad de Oriente por todos los aprendizajes y amigos que en ésta adquirí, a todos los profesores por la dedicación, el tiempo y las lecciones profesionales y personales brindadas, en especial a Ricardo Sabino y Giovanni Grieco por las oportunidades y asesorías que nos han dado.

Agradezco a toda mi familia, amigos, compañeros y conocidos por todo favor, momentos o palabras que me hayan brindado y me han ayudado a llegar a donde estoy ahora y a ser quien soy, gracias.

Br Laumarys Uzcátegui



## **RESUMEN**

La presente investigación se apoyó en un estudio fundamentado en “Evaluar los diferentes tipos de madera utilizados para encofrados de edificaciones en Ciudad Bolívar-Estado Bolívar”. El trabajo de investigación, se desplegó alrededor de conceptualizaciones sobre la madera como materia prima y su clasificación, un recorrido por las propiedades físicas y mecánicas de la madera, métodos para su preservación y conservación, riesgos que la afectan; así mismo se desarrolló lo referente al encofrado, su historia, encofrados en madera y su clasificación, ventajas y desventajas del uso de la madera en encofrados y el mercado nacional maderero. Con respecto a la metodología del presente estudio, el tipo de investigación fue descriptiva y evaluativa, apoyada en una investigación de campo. La población y la muestra se constituyeron en ocho (8) modelos para la aplicación de ensayos empíricos y de esa manera constatar el comportamiento de los modelos estudiados. Los instrumentos para recolección de datos fueron: la revisión bibliográfica y la observación directa. Los procedimientos y resultados permitieron evaluar el comportamiento de las especies estudiadas: Pino y Moreillo, su capacidad de resistencia, su elasticidad y su dureza entre otros aspectos. Por otra parte se concluyó que es realmente necesario el debido tratamiento de la madera y la elaboración minuciosa de los cómputos métricos que determinan los volúmenes de madera los cuales pueden llegar a variar de acuerdo al tipo de ésta que se vaya a utilizar para el encofrado.

## CONTENIDO

	página
<b>ACTA DE APROBACIÓN .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>vii</b>
<b>CONTENIDO .....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR.....</b>	<b>5</b>
1.1 Planteamiento de problema .....	5
1.2 Objetivos de la investigación .....	9
1.2.1 Objetivo general.....	9
1.2.2 Objetivos específicos .....	9
1.3 Justificación de la investigación.....	10
1.4 Alcance de la investigación.....	12
<b>CAPÍTULO II. GENERALIDADES.....</b>	<b>13</b>
2.1 Ubicación geográfica del área .....	13
2.1.1 Acceso al área de estudio .....	14
2.2 Características físicas.....	14
2.2.1 Geomorfología .....	14
2.2.2 Vegetación.....	15
2.2.3 Clima .....	15
<b>CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
3.1 Antecedentes de la investigación .....	16
3.2 Bases teóricas .....	19
3.2.1 La madera como materia prima .....	19

3.2.1.1	Clasificación de la madera según su dureza .....	20
3.2.1.2	Propiedades físicas de la madera .....	21
3.2.1.3	Propiedades mecánicas de la madera .....	25
3.2.1.4	Tipos de resistencia de la madera .....	26
3.2.1.5	Tipos de esfuerzo .....	28
3.2.1.6	Características naturales que afectan las propiedades mecánicas.....	28
3.2.1.7	Clasificación de la madera por resistencia .....	31
3.2.1.8	Patología de la madera .....	32
3.2.1.9	Métodos de conservación y preservación de la madera .....	34
3.2.1.10	Clases de riesgo que afecta la madera.....	38
3.2.1.11	Causas biológicas.....	40
3.2.2	Historia del encofrado .....	44
3.2.3	Encofrados de madera .....	45
3.2.3.1	Defectos en la madera .....	47
3.2.3.2	Clasificación de los encofrados de madera .....	47
3.2.3.3	Ventajas del uso de encofrados de madera.....	48
3.2.3.4	Desventajas del uso de encofrados de madera.....	48
3.2.4	Mercado nacional maderero .....	49
3.2.4.1	Bosques plantados.....	50
3.2.4.2	Situación de la producción forestal.....	50
3.3	Marco legal.....	50
3.4	Definición de términos básicos .....	57
3.4.1	Acabados .....	57
3.4.2	Acero estructural.....	57
3.4.3	Agregados.....	57
3.4.4	Albañilería .....	57
3.4.5	Columnas.....	58
3.4.6	Cóputos métricos .....	58
3.4.7	Concreto .....	58
3.4.8	Concreto armado.....	58
3.4.9	Construcción.....	58



3.4.10 Edificación.....	59
3.4.11 Encofrado .....	59
3.4.12 Estructura.....	59
3.4.13 Infraestructura.....	59
3.4.14 Mampostería .....	59
3.4.15 Mortero .....	60
3.4.16 Muro estructural.....	60
3.4.17 Obra.....	60
3.4.18 Supervisor.....	60
3.4.19 Tabique .....	61
3.4.20 Viga .....	61
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>62</b>
4.1 Tipo de investigación.....	62
4.2 Diseño de la investigación .....	64
4.3 Población y muestra.....	65
4.3.1 Población de la investigación .....	65
4.3.2 Muestra de la investigación .....	65
4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos .....	65
4.5 Flujograma de la investigación .....	67
<b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>78</b>
5.1 Identificar los tipos de madera utilizada en la construcción de edificaciones ...	78
5.1.1 Pino caribe .....	78
5.1.2 La madera de pino caribe en Venezuela y otras especies .....	79
5.1.2.1 Moreillo .....	80
5.1.2.2 Mijao .....	81
5.1.2.3 Algarrobo.....	81
5.1.2.4 Cedro, pardillo o caoba .....	81
5.1.2.5 Ceiba o saqui saqui .....	82

5.2 Describir los diferentes tipos de encofrados de edificaciones .....	82
5.2.1 Tipos de encofrados de edificaciones .....	82
5.2.2 Encofrados horizontales .....	83
5.2.3 Encofrados verticales .....	83
5.3 Comportamiento de la madera en diferentes tipos de encofrado de edificaciones .....	86
5.4 Análisis técnico-económico de los diferentes tipos de madera para encofrados de edificaciones .....	90
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>105</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>105</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>106</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>108</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
2.1 Ubicación de la zona de estudio, aserradero El Cristo .....	13
2.2 Entrada principal al aserradero El Cristo .....	14
3.1 Diagrama típico de esfuerzo-deformación.....	27
3.2 Tipos de nudos, A, nudo de encajonado, B, nudo de intercrecimiento .....	30
3.3 Pendiente y orientación de las fibras .....	30
3.4 Degradación de la madera.....	40
3.5 Ataque por hongos en piezas machihembradas de pino radiata.....	41
3.6 Pieza de madera atacada por hongo de pudrición .....	42
3.7 Pieza de madera atacada por moho.....	43
3.8 Termitas deteriorando pieza de madera .....	44
3.9 Encofrados de madera.....	46
3.10 Flujograma de la metodología de la investigación .....	67
3.11 Plantaciones de pino caribe al sur de Monagas .....	80
5.1 Cambio de peso, variación de la deflexión en moreillo.....	92
5.2 Muestras después de alcanzar las cargas de rotura en moreillo .....	92
5.3 Midiendo deflexión en una muestra de pino .....	93
5.4 Cambio de peso, variación en la deflexión en pino .....	94
5.5 Muestras después de alcanzar las cargas de rotura en pino .....	94
5.6 Sección de la viga.....	96
5.7 Diagrama de fuerza cortante y momento máximo del pino .....	96
5.8 Diagrama de fuerza cortante y momento máximo del moreillo .....	97



## LISTA DE TABLAS

	<b>página</b>
5.1 Comportamiento de los 4 modelos vs deflexión de moreillo.....	91
5.2 Comportamiento de los 4 modelos vs carga de rotura de moreillo .....	91
5.3 Comportamientos de los 4 modelos vs deflexión de pino .....	93
5.4 Comportamiento de los 4 modelos vs carga de rotura de pino .....	94
5.5 Volúmenes, precios y porcentajes de diferencia entre madera moreillo y madera pino .....	104



## INTRODUCCIÓN

La tradición constructiva de la madera existe desde que el hombre habitó los lugares de la tierra ricos en recursos forestales, utilizándola como materia prima para la construcción de sus moradas transitorias y permanentes. En Venezuela, la madera formó parte de la construcción de las ciudades coloniales, donde se conjugaron los materiales constructivos (madera, tierra, piedra) presentes en los diferentes habitados indígenas, con la incorporación de las técnicas importadas. A finales del siglo XIX, con la importación de materiales y técnicas que resultaron del desarrollo de los procesos de industrialización en Europa, la madera se combinó con el acero y el hormigón en los nuevos tipos arquitectónicos, perdiendo progresivamente su carácter estructural al utilizarse en la fabricación de partes componentes, decorados y objetos muebles.

Ahora bien, en Venezuela existen abundantes recursos forestales naturales y de plantación de pino Caribe, además de una industria instalada para el procesamiento y transformación de la madera como material de construcción. Cabe señalar que el país cuenta con una superficie boscosa calculada en 52,9 millones de hectáreas, equivalente al 59% del territorio nacional, concentradas al sur del río Orinoco y al occidente del país, con un volumen estimado total de 65 a 120 m<sup>3</sup> por hectárea en el occidente y 78 a 190 m<sup>3</sup> por hectárea en el sur del Orinoco, valores que definen una reserva aproximada de unos 6.800 millones de metros cúbicos de madera, de los cuales 3.500 millones corresponden a especies aptas para el mercado

Es importante destacar que la madera como elemento estructural es un material de gran importancia para la ingeniería y la construcción, por su gran versatilidad, manejabilidad y fácil puesta en obra. Como recurso natural renovable, ofrece grandes ventajas ambientales favoreciendo procesos de soporte al ecosistema y

brindando enormes garantías como materia prima de alto potencial físico, mecánico y estético para la construcción, además de ser uno de los pocos materiales constructivos renovables en el corto plazo. Se reconoce como material primordial en la construcción habitacional que incluye desde las casas de troncos y tablas, donde se utilizaban técnicas muy elementales, hasta las modernas construcciones como grandes edificaciones para apartamentos y casas de recreo, de gran calidad, riqueza tecnológica y diseño arquitectónico en la elaboración de encofrados.

En ese orden de ideas, y haciendo uso de la madera como materia prima, además recurso renovable, excelente material empleado para la construcción cumpliendo por supuesto con normas y tratamientos para su disposición, se hace necesario traer a colación la elaboración de encofrados aclarando que éstos se han ido perfeccionando través de los años para darle al elemento un mejor acabado. En los primeros años, los materiales que más se utilizaba era la madera luego poco a poco se fue modernizando, hasta tener el día de hoy, encofrados metálicos, de madera, y de materiales sintéticos,

Por tanto, gracias a las propiedades mecánicas del concreto es posible crear una gran cantidad de elementos de distintas formas con fines estructurales o arquitectónicos; siendo necesario para ello contener la mezcla durante el proceso de endurecimiento para generar la forma final que tendrá el elemento y que mejor que con el uso del encofrado. Para la fabricación de un encofrado, es necesario contar con la madera u otro material adecuado para esta aplicación y darle un correcto soporte. Buscando facilitar la tarea en la Ingeniería Civil y por supuesto en la arquitectura y el mundo de la construcción, las investigadoras deciden Evaluar los diferentes tipos de madera utilizados para encofrados de edificaciones en Ciudad Bolívar-Estado Bolívar.

Se intensifica desde la escogencia del tema la intención de las investigadoras por explorar a través de la aplicación de ensayos empíricos y por supuesto la investigación contextual el estudio de por lo menos dos especies de madera para establecer comparaciones entre ellas en el uso de encofrados, tomando en consideración que existe innumerables variables y características que influyen el uso y disposición de dicha materia prima para utilizarla en encofrados para la construcción.

En aras del desarrollo efectivo de ésta investigación se procedió a estructurar el estudio de la siguiente manera:

Capítulo I. Situación a investigar: en el cual se presenta la situación a investigar, desarrollando en este capítulo el planteamiento del problema, el objetivo general y los específicos, la justificación y alcances.

Capítulo II. Generalidades: consta de la ubicación del sitio de estudio y de las características físicas del mismo, geomorfología, vegetación y clima.

Capítulo III. Marco teórico: se presentan los antecedentes de la investigación representado por aquellos trabajos que de alguna manera aportan un contenido a la presente investigación; además se desarrollan las bases teóricas que respaldan el estudio, el marco legal que avala el tema escogido y la definición de términos básicos.

Capítulo IV. Marco metodológico: se establecen los aspectos metodológicos, incorporando el tipo de investigación, su diseño, la población y muestra del estudio; las técnicas e instrumentos de recolección de datos.



Capítulo V. Análisis e interpretación de los resultados: se constituyó por la presentación y análisis de los Resultados.

Conclusiones y recomendaciones: de acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación se estructuraron las conclusiones y recomendaciones según lo planteado en cada objetivo.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1. Planteamiento del problema

El ingeniero civil se enfrenta a una gran infinidad de retos y si se quiere dificultades, en las que el discernimiento en el empleo de materiales que faciliten los procesos para llevar a cabo la construcción y garantizar un buen acabado se hace necesario. Por ende, a través de los años el ser humano se ha visto en la necesidad de ir buscando soluciones constructivas que le permitan adaptarse al medio donde se desenvuelve, es por ello que en la actualidad y debido al crecimiento poblacional tan acelerado, se ha ido evolucionando en los métodos constructivos de una manera drástica, mejorada y perfeccionada.

La necesidad de contar con materiales altamente resistentes, maleables y de buena calidad, capaces de absorber grandes cargas e incluso capaces de obtener un adecuado comportamiento en sus propiedades, ha inducido al hombre a estudiar cada día que transcurre las características de estos materiales con el fin de mejorarlas y mejorar técnicas consecuentemente y desarrollar grandes proyectos.

A medida que se profundiza en el estudio de dichos materiales se ha llegado a la conclusión que combinándolos adecuadamente se obtienen productos finales con propiedades favorables. Es preciso destacar que no se trata del simple uso de la madera como un material simple, sino que se debe tener conocimiento de su aspecto, su naturaleza, propiedades físicas y mecánicas y las disposiciones más adecuadas para encofrados en edificaciones, también las más accesibles y duraderas, lo que crea una inquietud en las investigadoras de evaluar los diferentes tipos de madera utilizados para encofrado en obras civiles.

Los encofrados se han desarrollado en paralelo con las construcciones de concreto durante todo el siglo XX. La aceptación incrementada del concreto como el material de mayor uso en construcción, presenta una gran variedad de problemas en el desarrollo de materiales de confinamiento y el mantenimiento de las tolerancias de rigidez.

Desde el inicio de la utilización de los encofrados, se generalizó el empleo de la madera como la materia prima principal en la fabricación de los mismos. Existe diferencias en los diversos países latinoamericanos, incluso en las denominaciones: en México se le llaman “cimbras”, en Ecuador, Perú y Argentina, “encofrados”, en Brasil “formas” y en Chile “moldes” o “moldajes”, pero en general de madera o sub-productos de madera continúa siendo, el principal material en los encofrados, aunque en los últimos años se ha ido intensificando el uso de elementos metálicos, plásticos, entre otros. En el Perú, la madera sigue siendo un material importante en encofrados ya sea simplemente aserrada o cepillada, que se utiliza como tablas y pies derechos para encofrar muros, columnas, vigas y normalmente losas aligeradas. Otro material comúnmente utilizado es el tablero contrachapado de madera, especialmente para el encofrado de bóvedas cascaras y concreto caravista.

Para encofrados de concreto, la noción de “estructuras temporales”, no refleja la realidad. Las formas, sus implementos y accesorios se utilizan una y otra vez durante su vida útil. Debido a esto, es necesario utilizar materiales de alta durabilidad y fácil mantenimiento. El diseño de formas debe ser tal que éstas puedan ser erigidas y desensambladas eficientemente para mejorar su productividad. El desensamblado o desencofrado de las formas depende de factores tales como la adherencia entre el concreto y el encofrado, la rigidez y la contracción del concreto. Las formas deben, hasta donde sea posible, mantenerse en su lugar durante todo el período de curado del concreto.



Ahora bien, en Venezuela la situación con el uso de la madera desde épocas coloniales fue la misma que se empleó en varios países, incluso en países desarrollados, donde la madera era empleada para rejas, puertas, decoraciones entre otros usos. Fue en el presente siglo, a partir de la explotación del petróleo que se produjo en Venezuela un cambio sustancial en su estructura económica, social y política, que originó el desarrollo de procesos industriales, no quedando fuera de ello el sector de la construcción.

Se impuso la utilización del acero y el concreto armado para responder a las necesidades de nuevas edificaciones creadas por el acelerado proceso de urbanización de las principales ciudades del país, especialmente en la capital. En las estructuras se utilizaron tanto las modernas técnicas constructivas como la mampostería de arcilla y el concreto. La madera se incorporó a estas edificaciones mediante elaborados componentes estructurales, de cerramiento, escaleras y pisos, construidos con el nivel de especialización de la mano de obra proveniente de los inmigrantes europeos que vinieron al país incentivados por las políticas de inmigración del Estado nacional.

En los últimos años, los materiales y las técnicas tradicionales fueron paulatinamente desplazados por la industria del concreto armado y el acero. La utilización de la madera en la construcción se redujo a su aplicación en encofrados, puertas, ventanas y revestimientos, hasta tal punto que en la actualidad la madera se presenta como un material para construcción.

Cabe destacar que en la composición florística de los bosques naturales venezolanos se encuentran unas 60 especies maderables con características físico-mecánicas que las hacen aptas para ser utilizadas en la construcción de edificaciones y otras obras civiles. Los principales demandantes de madera en Venezuela son las industrias de tableros contrachapados, aglomerados, tableros enlistonados y madera aserrada, en su gran mayoría destinados a la industria del mueble y a la industria de la

construcción, no como material de construcción propiamente dicho, sino como material accesorio para la fabricación de encofrados y puntales, principalmente. Hoy en día Venezuela cuenta con un gran potencial de madera proveniente de plantaciones de pino caribe en los estados Anzoátegui y Monagas, manejada en gran escala por Productos Forestales de Oriente C.A.

Se encuentran en el listado de especies de árboles vedadas o con normas sobre aprovechamiento especial cuatro de ellas; el cedro, caoba, pardillo y saqui-saqui, debido a la gran demanda y desencadenada explotación sin reforestación, según el Ministerio del Poder popular para el Ambiente. De éstas maderas, la saqui-saqui (ceiba) constituye un tipo de madera ideal, excelente para los encofrados de edificaciones debido a sus propiedades, por lo que la prohibición de ésta influye tanto a nivel ambiental ya que conlleva a la utilización de una mayor cantidad de otro tipo de madera, no tan ideal, con el objetivo de tratar de encontrar la calidad, resistencia y las propiedades que resultan favorables y/o ideales en el proceso de elaboración de encofrados, implicando una mayor explotación del recurso. Así mismo, conlleva aumento en los gastos de dinero en materiales, debido tanto a la mayor cantidad de madera como a las herramientas y materiales necesarios para poder crear condiciones requeridas como por ejemplo, la resistencia.

Ahora bien, cabe destacar que Ciudad Bolívar actualmente presenta constantes proyectos de edificaciones los cuales sin duda también se ven afectados por la prohibición de éstas maderas que resultan ideales en los procesos constructivos, del mismo modo es necesario estudiar y tener en cuenta las prohibiciones y las alternativas con las que cuenta la zona en estudio para el uso de maderas accesibles y aptas para encofrado.

Lo expresado en líneas anteriores, las características generales presentadas en cuanto al uso de la madera para la construcción, sin indagar con mayor ímpetu en su

real y verdadera naturaleza, y las variables que le acompañan al uso de la madera en obras de construcción específicamente para encofrados, conducen el interés de las investigadoras en realizar un estudio cuyo objetivo principal se enfoca en evaluar los diferentes tipos de madera para encofrados de edificaciones delimitando el estudio en Ciudad Bolívar, Estado Bolívar de la República Bolivariana de Venezuela.

Por otro lado, en vista de la prohibición de explotación de estos árboles cuyas maderas resultan ser muy resistentes, cómodas y adecuadas para emplear en el área de construcción, se quiere evaluar distintos tipos de madera, obtenidos en el Estado Bolívar, para determinar cuál es la más adecuada, en cuanto a calidad y precio para la realización de encofrados para edificaciones de la zona.

De acuerdo a lo antes planteado surgen las siguientes interrogantes; ¿Cuáles son los tipos de madera más utilizados en la construcción de edificaciones?, ¿Cuáles son los diferentes tipos de encofrados en edificaciones?, ¿Cómo se comporta la madera en los diferentes tipos de encofrado?, ¿Cuál tipo de madera para encofrados de edificaciones resultara idónea técnica y económicamente?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar los diferentes tipos de madera utilizados para encofrados de edificaciones en Ciudad Bolívar-Estado Bolívar.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1. Identificar los tipos de madera utilizadas en la construcción de edificaciones en Ciudad Bolívar-Estado Bolívar.



2. Describir los diferentes tipos de encofrado de edificaciones.
3. Analizar el comportamiento de la madera en los diferentes tipos de encofrado de edificaciones.
4. Analizar técnico-económicamente los diferentes tipos de madera para encofrados de edificaciones en Ciudad Bolívar-Estado Bolívar.

### **1.3. Justificación de la investigación**

Día a día el Ingeniero Civil se enfrenta a retos y exigencias en el área de la construcción que vienen de la mano de la reducción de costos sin poner en riesgo la calidad en los acabados de las obras y estructuras que se han propuesto construir. Para ello, día a día evolucionan distintas técnicas y materiales que pretenden maximizar y optimizar la obtención de resultados competentes y que sean de completa satisfacción.

Uno de los materiales más utilizados en obras civiles para dar forma a diseños y estructuras es la madera. Si bien es cierto, desde hace siglos la madera se empleó en decoraciones, cercas, puertas, techos, en fin, para distintos fines en la construcción, no obstante, en la actualidad se emplea para elaborar encofrados para la construcción de estructuras de concreto. Justamente, el presente estudio está orientado a evaluar los diferentes tipos de madera para encofrados de edificaciones, específicamente en ciudad Bolívar, Estado Bolívar, por lo que es importante indagar sobre distintos aspectos que dan cuerpo y razón de ser a la investigación.

Según lo anterior, es básico conocer los distintos tipos de madera, la razón por la cual la madera debe cortarse de acuerdo al tipo de elemento a fabricar. En general, en la construcción se emplean tablas, tablones y todo tipo de vigas, aunque también se emplean otros tipos de productos derivados como el triplay y los aglomerados; causando curiosidad el hecho de que el tronco de madera se puede

aprovechar en mayor o menor porcentaje en la construcción, dependiendo del corte que se le haga.

Otra característica importante a tomar en consideración es que en la producción de las piezas de madera empleadas en la construcción, la dureza, la densidad, el contenido de humedad y las imperfecciones de la madera influyen en los costos de producción y el acabado de la obra. Las maderas más densas son más caras porque requieren de un mayor tiempo de cultivo para lograr su plena madurez, también por su densidad consumen más energía en su corte además de que las herramientas requieren de un mantenimiento más costoso.

Las maderas verdes son muy difíciles de trabajar y pulir, y con el tiempo se agrietan y sufren una mayor deformación diferida (creep) por su exagerado comportamiento viscoelástico. Aún en su estado seco es susceptible a la temperatura, a pesar de ser considerada por muchos como el material natural más estable que se conoce. Lo que rige la estabilidad volumétrica de la madera es la variación en su contenido de humedad. Por ésta razón la madera empleada en la construcción se debe almacenar en un lugar seco. Al mojarse se hincha y al secarse se contrae, entre mayor sea el número de ciclos de humedecimiento-secado que sufra la madera mayor será el deterioro del material.

Los encofrados de madera deben ser diseñados para soportar los esfuerzos generados por las cargas muertas, las cargas vivas y alguna carga accidental de consideración. La madera se carga de tal manera que los esfuerzos de compresión y tensión actúen en el sentido paralelo a las fibras, ya que es la forma en que resiste mejor los esfuerzos, de otra forma se debe asegurar que el factor de seguridad sea el adecuado. El diseño de los encofrados se hace de acuerdo a la teoría clásica de esfuerzos permisibles, donde se considera que el elemento falla al alcanzar determinados esfuerzos permisibles (los cuales son generalmente un cierto porcentaje

de los esfuerzos últimos que resiste el material). Los esfuerzos permisibles para la madera se determinan por medio de pruebas, después de las cuales se establecen los esfuerzos permisibles adoptando un factor de seguridad usualmente de 2.5 o mayor, dependiendo del tipo y calidad de la madera. La norma ASTM D-245 indica los criterios que se pueden seguir para clasificar a la madera para propósitos estructurales considerando la acción de cargas totales de diseño sobre un período largo de servicio.

Todas las variables mencionadas anteriormente, de gran relevancia para la ejecución del trabajo de grado y llevar a cabo los objetivos de la investigación, justifican la razón de ser del estudio y pretenden dar respuesta a la problemática planteada en ésta tesis.

#### **1.4. Alcance de la investigación**

El área de desarrollo del trabajo de grado tiene aplicabilidad en todo el territorio Nacional, sin embargo, se realizó su estudio en Ciudad Bolívar, Estado Bolívar; exclusivamente en el sector de la construcción de edificaciones, específicamente en el uso de encofrados de elementos de concreto armado. El objetivo es evaluar los diferentes tipos de madera para encofrados de edificaciones en la zona. Con este estudio se pretende identificar, describir y analizar el comportamiento de la madera en sus diferentes tipos en el empleo de encofrados para la construcción de edificaciones. En este sentido, se pretende también obtener resultados que permitan realizar análisis y conclusiones en el aspecto tecnicoeconomico y que las mismas a su vez permitan optimizar el sistema de la construcción en el Estado Bolívar e incluso en el resto del país.



## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación geográfica del área

El área de estudio se encuentra ubicada en la región Sur Oriental de Venezuela, en el estado Bolívar, específicamente en el Municipio Heres, en la parte Noroeste de Ciudad Bolívar, como se observa en la figura 2.1. Enmarcada dentro de las coordenadas UTM 8.124164, -63.508230.



Figura 2.1 Ubicación de la zona de estudio, aserradero “El Cristo”. Google Maps 2018.

### 2.1.1 Acceso al área de estudio

Se puede acceder a la zona por vía terrestre a través de cinco calles, sin embargo la entrada principal es la representada por la Calle el Carmen, en la Zona Industrial de Cañafístula I, como se observa en la figura 2.2.

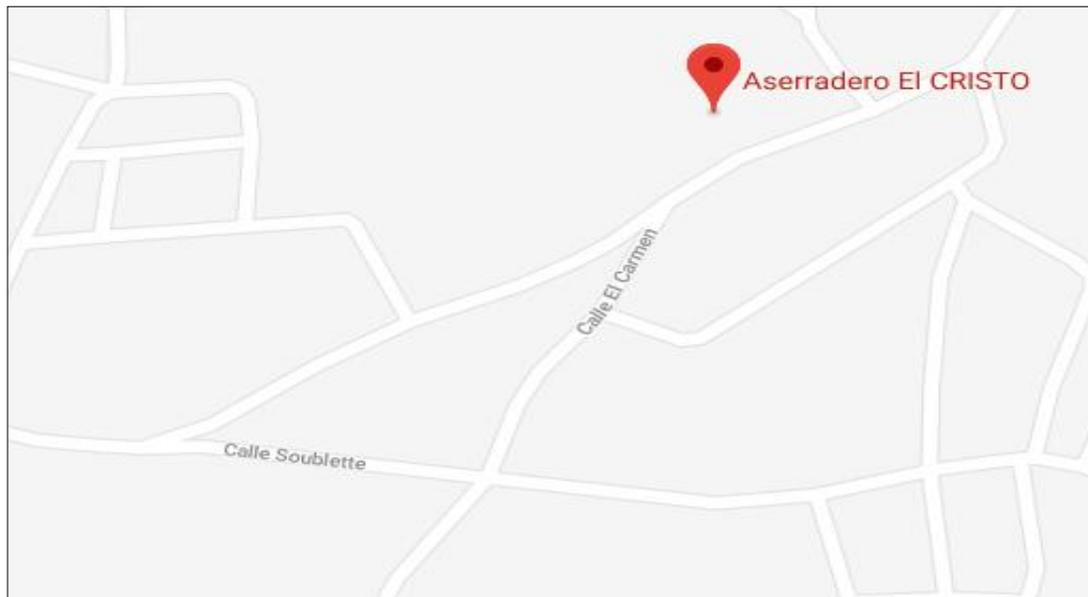


Figura 2.2 Entrada principal al aserradero “El Cristo”. Google Maps 2018.

## 2.2 Características físicas

### 2.2.1 Geomorfología

El basamento geológico del estado Bolívar lo constituye el Escudo Guayanés, presenta relieves variados y complejos, con predominio de Llanuras, alternado con elevaciones denominadas tepuyes y con otras formas geológicas. Así pues Ciudad Bolívar presenta una gran estabilidad tectónica, porque está ubicada sobre las rocas

ígneas del escudo, que corresponden al Precámbrico, las formaciones geológicas más antiguas y estables de nuestro planeta.

### **2.2.2 Vegetación**

La vegetación es típica de la región guayanesa-amazónica donde se pueden contemplar bosques de galería y morichales, así como especies arbóreas como el Algarroba, la Sarrapia, el Merecure, entre muchos otros. Por su parte, en los tepuyes predominan los bosques nublados.

### **2.2.3 Clima**

La temperatura promedio varía entre 26° y 30°C, influida por el relieve y la vegetación. Los vientos predominantes son los alisios del noreste durante el periodo de Lluvia y en época de sequía los alisios del sureste, la pluviosidad es alta y variable, y son mayores en razón de las altas temperaturas que provocan una fuerte evaporación.



## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

Según la apreciación de Ortiz, E (2001) es importante señalar en un trabajo de investigación la estrecha relación entre la fundamentación teórica, el proceso de investigación y la realidad o entorno. La investigación puede iniciar una nueva teoría, reformar la existente o simplemente definir con más claridad, conceptos o variables establecidas. Por tanto, los fundamentos teóricos o el marco teórico, es donde se condensara todo lo pertinente al arqueo documental que se tiene sobre el tema a investigar. Debe ser una búsqueda detallada y concreta donde el tema y la temática del objeto a investigar tengan un soporte teórico, que se pueda debatir, ampliar, conceptualizar y concluir. Ninguna investigación debe privarse de un fundamento, marco teórico o de referencia.

El marco teórico tiene como propósito, dar a la investigación un sistema coordinado de conceptos y proposiciones teóricas que permitan abordar el problema (Sabino, C 2008); no obstante, otra definición señala que el marco teórico expone y analiza las teorías o grupos de teorías que sirven de fundamento para explicar los antecedentes o interpretar los resultados de la investigación (Azorin, 2002).

Una vez presentado las consideraciones generales del marco teórico, se procederá al desarrollo del mismo, con base al tema del presente trabajo de investigación.

#### **3.1. Antecedentes de la investigación**

En todo proceso de investigación es muy importante reseñar algunos antecedentes que son todos aquellos trabajos de investigación que preceden al que se

está realizando. Son los relacionados con el objeto de estudio presente en la investigación que se está haciendo, lo cual refiere a lo que se ha escrito o investigado sobre el tema en particular, se trata de la revisión de trabajos relacionados de manera directa o indirecta con la investigación actual, identificándolos a nivel local, nacional e internacional; con la debida vigencia.

Se presenta a continuación un antecedente que por su razón de ser, se enfoca principalmente en los compuestos de maderas utilizados en Venezuela, y aunque no es específicamente relacionado con encofrados, si desarrolla de manera extensa y específica el tema del uso de la madera para la producción de compuestos en Venezuela. Al respecto Rahal y Sleiman (2013), desarrollaron su trabajo de grado ante la Universidad Católica Andrés Bello, titulado **Estudio de Factibilidad Técnico, Económico y Financiero para la producción de compuestos de madera y plásticos en Venezuela**. Dicho estudio inclinado netamente al área de la construcción. Se basó en un estudio de mercado, un estudio bibliográfico y un estudio técnico, financiero y económico. La técnica de recolección de datos además de fichas bibliográficas fueron las entrevistas. Su aporte al presente trabajo de grado se inclina estrictamente al aspecto conceptual, sobre todo en cuanto a las generalidades de la madera, sus propiedades físicas, mecánicas, las más aptas para uso de la construcción, entre otras conceptualidades.

Un estudio que se encuentra vinculado con la presente investigación, es un aporte presentado por Methling (2009), basado en Experimentos Constructivos con la Madera Venezolana: en búsqueda de soluciones innovadoras para el desarrollo del material. Excelente aporte investigativo basado en un estudio extenso sobre estudio de todas las variables que presenta el material madera en Venezuela. El trabajo presentado por Methling se basó en un estudio enmarcado en tres líneas de investigación: la teórica, la proyectual y la experimental, a través de estas se pudo

realizar un análisis comparativo desde distintos puntos de vista acerca del desarrollo de la pieza. La estrecha relación del mencionado trabajo de investigación con el presente estudio es justamente el desarrollo en cuanto a marco teórico y legal que respalda éste estudio de investigación; además de su contenido exploratorio y experimental.

Por otro lado, Rueda y Cayama (2003), presentaron en la Universidad Rafael Urdaneta, su tesis de grado titulada **Cálculos del Encofrado de Elementos Estructurales de Concreto Armado en la Industria de la Construcción**. En cuanto a su aspecto metodológico el modelo de estudio se ubica en una investigación de campo, de tipo descriptivo. El instrumento empleado fue la entrevista a profesionales de trayectoria y observación documental y bibliográfica. La finalidad de la investigación se enfocó en conocer la existencia e importancia que tiene el cálculo, previo procedimiento a la construcción de cualquier encofrado, garantizando la estabilidad, a seguridad y la economía de éste elemento. El aporte que presenta este estudio la presente investigación se sitúa en el aspecto conceptual de mismo, además que su desarrollo se basó en gran parte en el uso de la madera como elemento principal del encofrado, el cual revierte gran importancia para el presente trabajo de grado.

En otro orden de ideas, Arciniegas (2010), desarrolló su estudio en base a un Control de Costo y Presupuesto de Obra para el Proyecto Edificio Centenario por parte de Ferretería al Día S.A. Manual sobre Control de Costo y Presupuesto de Obra mediante la Herramienta Computacional SAO (Sistema Administrativo de Obras). La metodología de ésta investigación se basó en un estudio de campo, experimental. Se empleó como instrumento la observación directa y evaluación detallada de la obra. Se elaboró un manual el cual estuvo basado en datos reales de la obra edificio Centenario, sometiéndolo a un exhaustivo control de costos de presupuestos. El



aporte de este estudio a la presente investigación se enfoca en el aspecto del marco metodológico además del componente del marco teórico.

### **3.2. Bases Teóricas**

Una buena base teórica formará la plataforma sobre la cual se construye el análisis de los resultados obtenidos en el trabajo; en deficiencia o ausencia de ésta, no se puede analizar los resultados. La base teórica presenta una estructura sobre la cual se diseña el estudio, sin esta no se sabe cuáles elementos se pueden tomar en cuenta, y cuáles no. Sin una buena base teórica todo instrumento diseñado o seleccionado, o técnica empleada en el estudio, carecerá de validez. (Ortiz, 2001).

#### **3.2.1. La Madera como materia prima**

La madera es un material que cumple con las siguientes características: Es biodegradable, reciclable y renovable (artificial). Es extraída de los árboles en bosques naturales o de reforestación, ha sido usada desde la antigüedad para la construcción de viviendas, fuertes, palacios, puentes, templos y armas. Algunas especies brindan una trabajabilidad suficiente para ser esculpida, tallada y moldurada artísticamente, un ejemplo de esto es el oficio luthier (fabricación de instrumentos musicales) (Jaramillo 2012: p. 21).

Si se ordenan las formas que puede adoptar la madera en una combinación múltiple de líneas, superficies y sólidos, podemos sistematizar el comportamiento de cada una de estas formas y sus agrupamientos ante la acción de los esfuerzos.

De ésta manera, un trozo de madera se puede comparar con una gran cantidad de sorbetes (pitillos) que han sido unidos entre sí. Por ésta razón la madera tiene

propiedades anisotrópicas, es decir, resiste la acción de fuerzas exteriores de manera diferente según la dirección que tomen dichas fuerzas. (Ibíd. p. 25).

### **3.2.1.1. Clasificación de la Madera según su dureza**

Las especies maderables se pueden clasificar en coníferas o resinosas y Latifoliadas o frondosas.

- ❖ Coníferas o resinosas: las especies pertenecientes a éste grupo de maderas están esencialmente por “traqueidas” y son de hojas angostas (de 1.5 a 6mm) y perennes. Tienen generalmente una marcada rectitud del fuste y muy buena trabajabilidad, condiciones que las hacen aptas para la fabricación de estructuras complejas, como aviones e instrumentos musicales, así como también para aplicaciones sencillas, como la fabricación de cajones. Habitan generalmente en zonas de clima templado a templado-frío y húmedas (Tortorelli, 2009). Las especies de coníferas más conocidas son: Pino Paraná, Pehuen, Ciprés, Alerce, Pino del Cerro, Ten, Maniú macho, Maniú hembra, Piñeitiño, Lleuque, Ciprés enano (Universidad Tecnológica Nacional, 1988).
  
- ❖ Latifoliadas, frondosas o dicotiledóneas: existen aproximadamente 120.000 especies de ésta clase en todo el mundo. Las maderas pertenecientes a ésta clase están constituidas por vasos, fibras y tejido parenquimático longitudinal y son de hojas anchas “latifoliadas” y caducas, es decir que se caen en otoño como el fresno, el nogal, el roble, el haya o el ébano (Universidad Tecnológica Nacional, 1988).

### 3.2.1.2. Propiedades físicas de la madera

Las propiedades de la madera dependen, del crecimiento, edad, contenido de humedad, clases de terreno y distintas partes del tronco.

- ❖ Humedad: la madera contiene agua de constitución, inerte a su naturaleza orgánica, agua de saturación, que impregna las paredes de los elementos leñosos, y agua libre, absorbida por capilaridad por los vasos y traqueidas.
- ❖ Como la madera es higroscópica, absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de un cierto tiempo, quedando, además del agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmósfera que rodee a la madera, hasta conseguir un equilibrio, diciéndose que la madera esta secada al aire (Ale, 2010: s/p).

La humedad de la madera varía entre límites muy amplios. En la madera recién cortada oscila entre el 50 y 60 por ciento, y por imbibición puede llegar hasta el 250 y 300 por ciento. La madera secada al aire contiene del 10 al 15 por ciento de su peso de agua, y como las distintas mediciones físicas están afectadas por el tanto por ciento de humedad, se ha convenido en referir los diversos ensayos a una humedad media internacional de 15 por ciento. La humedad de las maderas se aprecia, además del procedimiento de pesadas, de probetas, húmedas y desecadas, y el colorimétrico, por la conductividad eléctrica, empleando girómetros eléctricos. Estas variaciones de humedad hacen que la madera se hinche o contraiga, variando su volumen y, por consiguiente, su densidad (Ale, 2010: s/p.).



- ❖ El contenido de humedad (CH%): tiene gran influencia sobre el peso de la madera y en sus propiedades mecánicas. La relación del CH% con las propiedades mecánicas es inversa (a menor CH%, mayor resistencia). Con un CH% superior al 30% (en estado la madera se considera verde), la madera tiene poca variación en sus propiedades mecánicas. Pero a medida que la madera se seca por debajo del 30%, las paredes celulares se vuelven más duras y rígidas, lo cual trae consigo un aumento de las propiedades mecánicas con excepción de la tenacidad. De lo anterior se concluye que, es necesario dar a conocer el contenido de humedad de la madera con que se está trabajando, para saber que se puede esperar en cuanto las propiedades físicas y mecánicas se refieren.

El término “trabajo de la madera” se refiere a la pérdida o ganancia de CH%, lo cual se debe a la higroscopicidad de la madera; esta pérdida o ganancia de humedad tomada de la atmosfera, viene acompañada por contracciones o hinchazones y por consiguiente con todos los problemas asociados. (Escobar & Ricardo, 1995. p. 75)

- ❖ La densidad: es sensiblemente igual para todas las especies, aproximadamente 1,56. La densidad aparente varía no solo de unas especies a otras, sino aún en la misma con el grado de humedad y sitio del árbol, y para hallar la densidad media de un árbol hay que sacar probetas de varios sitios. (Ale, 2010: s/p.)

Las maderas se clasifican por sus densidades ( $\text{g/cm}^3$ ) básicas en Pesadas, si es mayor de 0.8; ligeras, si está comprendida entre 0.5 y 0.7; y muy ligeras, las menores de 0.5.

*El término “seca al aire”*: se refiere a la madera que ha alcanzado un contenido de humedad en condiciones de secado natural (al aire). Su valor sería el contenido de humedad que alcanzaría en equilibrio con las condiciones atmosféricas del lugar. En Cartagena el contenido de humedad en equilibrio es del 15%. La densidad seca aire, es la relación entre el peso y el volumen secos al aire.

*El término “seca al horno”*: se refiere a la madera que se ha secado hasta un contenido de humedad del 0% o sea madera en estado anhidro. La densidad anhidra, es la relación entre el peso y volumen anhidros.

*El término “densidad básica”*: es una relación especial entre el peso anhidro y el volumen verde. Esta densidad es la menor de todas y es utilizada para fines de comparación. (Escobar & Ricardo, 1995).

- ❖ **Contracción e hinchamiento**: la madera cambia de volumen según la humedad que contiene. Cuando pierde agua, se contrae o merma, siendo mínima en la dirección axial o de las fibras, no pasa del 0.8 por ciento; de 1 a 7.8 por ciento, en dirección radial, y de 5 a 11.5 por ciento, en la tangencial.

La contracción es mayor en la albura que en el corazón, originando tensiones por desecación que agrietan y alabean la madera (Universidad Católica del Norte, 2012).

El hinchamiento se produce cuando absorbe humedad. La madera sumergida aumenta poco de volumen en sentido axial o de las fibras, y de un 2.5 al 6 por ciento en sentido perpendicular; pero en peso, el aumento oscila del 50 al 150 por ciento (Ale, 2010).

- ❖ La dureza: es la resistencia que opone al desgaste, rayado, clavar, etc. Depende de su densidad, edad, estructura y si se trabaja en sentido de sus fibras o en el perpendicular. Entre más vieja y dura es, mayor la resistencia que opone. (Universidad Católica del Norte, 2012).
  
- ❖ Hendibilidad: se llama también facilidad a la raja y es la aptitud de las maderas a dividirse en el sentido longitudinal bajo la acción de una cuña. El rajado es más fácil, en sentido de los radios. Como madera muy hendible se acostumbra citar el castaño, como madera hendible, el roble, y como madera poco hendible, el carpe (Universidad Católica del Norte, 2012: s/p).
  
- ❖ Conductividad: la madera seca es mala conductora del calor y electricidad, no así cuando está húmeda. La conductividad es mayor en el sentido longitudinal que en radial o transversal, y más en las maderas pesadas que en las ligeras o porosas, por lo cual se emplean como aisladores térmicos en los pavimentos y paredes (Universidad Católica del Norte, 2012).
  
- ❖ Dilatación térmica: el coeficiente de dilatación lineal de la madera es muy pequeño, pudiendo ser despreciado.
  
- ❖ Duración: varía mucho con la clase y medio. A la intemperie, y sin impregnar depende de las alternativas de sequedad y humedad: el roble dura 100 años: álamo, sesenta a noventa años; pino, alerce, cuarenta a ochenta años; sauce dura treinta años. Se admite como duración media de la madera enterrada la de diez años (Universidad Católica del Norte, 2012: s/p).
  
- ❖ Propiedades acústicas: la madera proporciona un medio elástico adecuado a las ondas sonoras, por lo que se emplea ampliamente en la fabricación de instrumentos musicales y en la construcción de salas de conciertos, teatros,



etc. Las características de la madera que más influyen sobre esta propiedad son el peso específico aparente, es decir, la humedad, el tipo de grano y la ausencia de defectos (Ale, 2010: s/p).

### **3.2.1.3. Propiedades mecánicas de la madera**

- ❖ **Módulo de Elasticidad E:** elasticidad implica que las deformaciones producidas por cargas pequeñas son completamente recuperables después que las cargas se eliminan. Cuando se llega a niveles altos de carga, se produce la deformación plástica o la falla. Los tres módulos de elasticidad, que se denotan por EL, ER y ET, módulos elásticos a lo largo de los ejes longitudinales, radiales y tangenciales de la madera, respectivamente. (Ale, 2010: s/p).
- ❖ **Rigidez:** este término se refiere a la capacidad de la madera para resistir deflexión o doblado. La medida de la rigidez de una madera se denomina como módulo de elasticidad (MOE). A mayor MOE más rigidez será una madera. El módulo de elasticidad es la relación del esfuerzo a la deformación. La rigidez de una madera se debe considerar, no solo en vigas, sino también en columnas delgadas largas.
- ❖ **Tenacidad:** este término se refiere a la capacidad de la madera para resistir cargas repentinas (golpe o choque). Generalmente las fibras de madera de alta tenacidad, están entrecruzadas lo cual hace que la madera se doblan o torsionan mucho más. Sin romperse o fracturarse.
- ❖ **Dureza:** este término a la resistencia que presenta una madera a la indentación, a las abolladuras y al desgaste. La madera dura es generalmente aquella que presenta buenas características o resistencia al desgaste, lo cual es importante

para la madera de pisos. Por lo general las maderas duras son densas y debido a esto, presentan cierta dificultad para ser trabajadas.

#### **3.2.1.4. Tipos de resistencia de la madera**

Estas se dividen, de acuerdo con la resistencia a los diferentes tipos de fuerzas externas en:

- ❖ Resistencia a la tensión: es la capacidad de la madera para resistir fuerzas que tratan de estirar la fibra, por lo general en dirección longitudinal.
- ❖ Resistencia a la compresión: es la capacidad de la madera para resistir fuerzas externas que tienden a acortar las fibras. Esta resistencia se puede dar en dos direcciones: en forma paralela a las fibras o perpendicular a ellas.
- ❖ Resistencia a la cizalladura o corte: capacidad de la madera para resistir la acción de fuerzas paralelas y opuestas que tienden a producir deslizamientos de unas fibras con relación a otras.
- ❖ Resistencia a la flexión: es la capacidad de la madera para resistir cargas que tienden a flectarla, cuando se aplican en direcciones perpendiculares a las fibras. Si una viga es cargada, en ella se presentan esfuerzos de tensión, compresión y cizalladura. La medida de estos esfuerzos cuando la viga falla, se llama módulo de ruptura (MOR): para cualquier material y en esos se incluye la madera, la relación de esfuerzo a la deformación es constante y esto se manifiesta como una línea recta. Este comportamiento se mantiene hasta que ya no es constante y la recta pasa a ser curva. El punto de cambio se denomina límite proporcional. El material presenta este comportamiento en lo que se llama zona elástica. Por ejemplo si se dobla la carga, la deformación

también se dobla. Pero si la fuerza se aplica más allá del límite proporcional, la deformación aumentara mucho más y la madera entrara en lo que se ha denominado zona plástica. En este caso el material permanece deformado y si el aumento de la carga es demasiado, se llegara a la rotura del material.

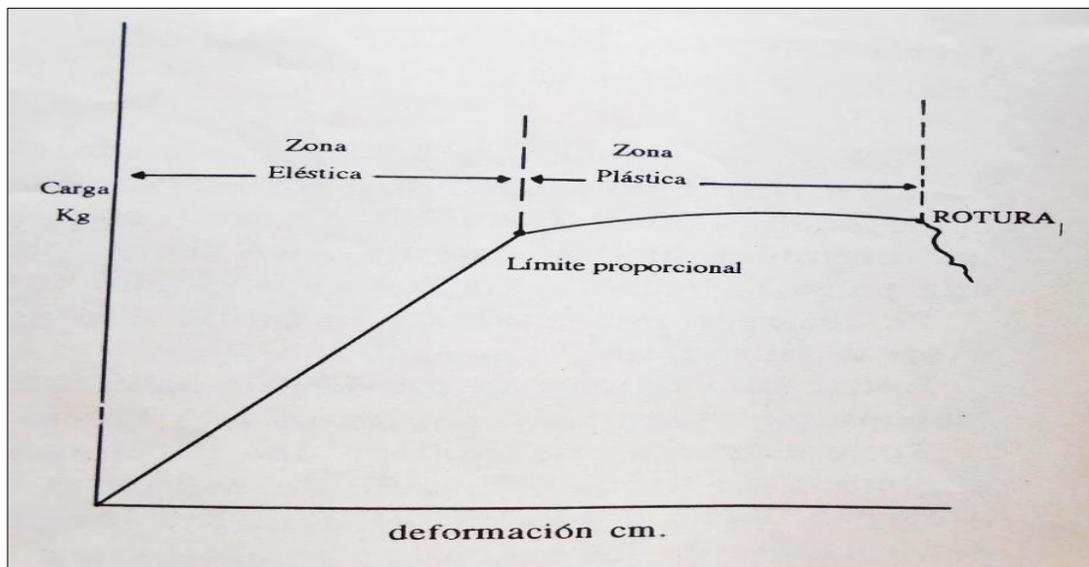


Figura 3.1. Diagrama típico Esfuerzo – Deformación. (Cruz, 2010: p. 125.)

Un material que se mantenga en la zona elástica, volverá a su estado original una vez cese la fuerza que lo deforma.

Se puede entonces definir Elasticidad como la propiedad de un material, de retornar a su forma original después de haber sido deformado por una fuerza.



### 3.2.1.5. Tipos de esfuerzo

- ❖ Esfuerzo de tensión: se presenta cuando la fuerza aplicada tiende a estirar o alargar el material. Se dice por lo tanto que el material esta en tensión.
- ❖ Esfuerzo de compresión: es lo opuesto al esfuerzo de tensión y ocurre cuando la carga aplicada tiende a acortar el material y por lo tanto a disminuir la longitud. Se dice entonces que el material esta en compresión.
- ❖ Esfuerzo de cizalladura: ocurre cuando las cargas o fuerzas, en este caso, opuestas y paralelas, tienden a separar una parte del material con respecto a la parte adyacente, causando un deslizante. También se le llama esfuerzo de corte.

### 3.2.1.6 Características naturales que afectan las propiedades mecánicas

Debido a las características de crecimiento natural de los árboles, los productos de madera varían en gravedad de específica, puede contener fibras cruzadas o pueden tener nudos y fibras con pendientes localizadas.

- ❖ Gravedad Específica: la sustancia de que se compone la madera es realmente más pesada que el agua; su gravedad específica es aproximadamente 1,5 independientemente de la especie de madera. A pesar de ello, madera seca de la mayoría de las especies flota en el agua, y por lo tanto es evidente que parte del volumen de un pedazo de madera está ocupada por cavidades de celdas y de poros. Las variaciones en el tamaño de estas aberturas y en el espesor de las paredes celulares causan algunas especies tienen más sustancia madera por unidad de volumen que otras especies y por lo tanto, mayor gravedad

específica. Por lo tanto, la gravedad específica es un excelente índice de la cantidad de sustancia de madera está contenida en un pedazo de madera. (Ale, 2010: s/p).

- ❖ Nudos: un nudo es la parte de una rama que se ha incorporado en el cuerpo de un árbol. La influencia de un nudo en las propiedades mecánicas de un elemento de madera se debe a la interrupción de la continuidad y un cambio en la dirección de las fibras de la madera asociados al nudo. La influencia de los nudos depende de su tamaño, de la ubicación, de la forma y de la solidez; dependiendo de la pendiente del grano; y del tipo de esfuerzo al que es sometido un elemento de madera. La forma de un nudo sobre una superficie aserrada depende de la dirección del corte expuesto. Los nudos se clasifican como de intercrecimiento o de encajonado (Figura 2.2). (Ale, 2010: s/p).

Las propiedades mecánicas son más bajas en las secciones que contienen los nudos que en secciones uniformes de fibra recta porque: (a) la madera uniforme es desplazada por el nudo, (b) las fibras alrededor el nudo están distorsionadas, resultando en fibras cruzadas, (c) la discontinuidad de la fibra de la madera conduce a concentraciones de esfuerzos, y (d) el control a menudo se produce alrededor de los nudos durante el secado.

En las columnas cortas o intermedias, la reducción en la resistencia causada por los nudos es aproximadamente proporcional a su tamaño; sin embargo, los grandes nudos tienen un efecto relativamente algo mayor que los pequeños nudos. (Ale, 2010: s/p).

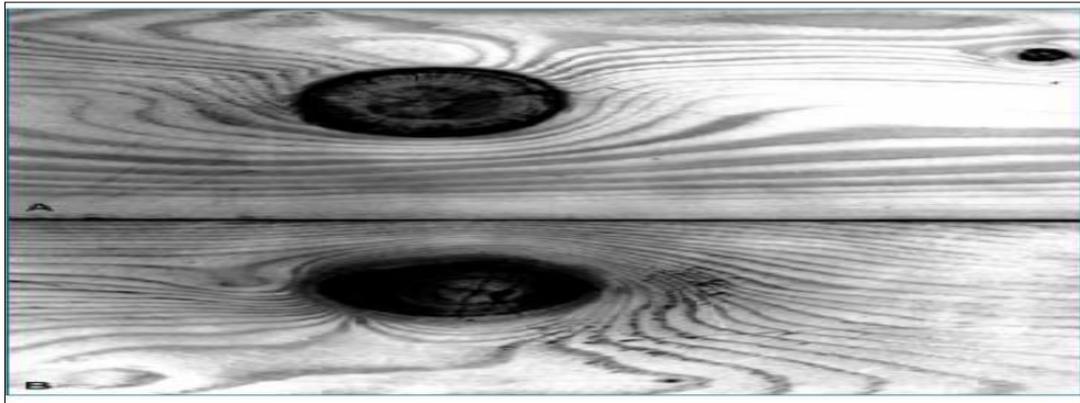


Figura 3.2. Tipos de nudos, A, Nudo de encajonado; B, Nudo de intercrecimiento (Bergman et al, 2010).

- ❖ **Pendiente de la Fibra:** en algunas aplicaciones, las direcciones de los esfuerzos importantes pueden no coincidir con los ejes naturales de orientación de la fibra de la madera. Esto puede ocurrir por una elección de diseño, desde la manera como la madera fue retirada extraída, o debido a irregularidades de la fibra que se produjeron mientras el árbol fue creciendo.

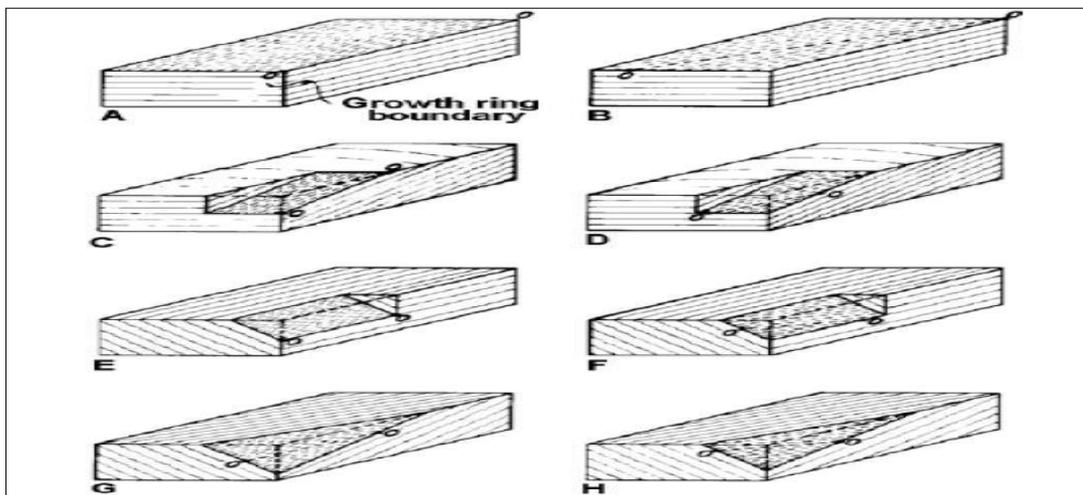


Figura 3.3. Pendiente y orientación de las fibras. (Bergman et al, 2010)



La Figura 2.3 muestra la orientación de la fibra con respecto a los ejes en un espécimen de madera de fibra uniforme. Los especímenes desde A hasta D tienen superficies radiales y tangenciales; los especímenes desde E hasta H no. Los especímenes A y E no contienen fibras cruzadas; los especímenes B, D, F y H tienen fibras espirales; los especímenes C, D, G y H tienen fibras diagonales.

### **3.2.1.7. Clasificación de la madera por resistencia**

La clasificación por resistencia conduce a dividir una población de madera en clases, o grupos, de distinta calidad, sobre la base de un análisis individual de cada pieza estructural. Esta inspección, que puede ser visual o mecánica, tiene en cuenta el nivel de los parámetros considerados y, en función de los límites establecidos para los mismos, origina la asignación de cada elemento a una determinada clase resistente.

Existen actualmente en el mundo dos sistemas de clasificación por resistencia de madera aserrada para uso estructural, el visual y el mecánico.

Toda madera sometida a una fuerza exterior, genera una fuerza interna que se opone a ella, esto se denomina esfuerzo, es decir, aquella fuerza interna que es capaz de resistir las diferentes fuerzas externas, las cuales tienden a cambiar la forma o tamaño de una pieza de madera. La fuerza resistente es igual a la fuerza deformante. Esto se expresa en  $\text{Kgf/cm}^2$ . (Escobar & Ricardo, 1995: p.137).

En general, la madera se puede clasificar basada en el tipo, tamaño, número y localización de características que pueden disminuir su resistencia, durabilidad y utilidad en:

- ❖ Madera Estructural: requiere un proceso de análisis y diseño estructural; se clasifica atendiendo a sus propiedades mecánicas y uso de las piezas aserradas (Fernández, 1992).
- ❖ Madera Comercial: se clasifica en diferentes grupos teniendo en cuenta solamente su apariencia y características físicas, sin importar sus propiedades mecánicas; se utilizan en trabajos generales de construcción (Fernández, 1992).
- ❖ Madera de Elaboración: se usa en la carpintería y ebanistería para hacer puertas, marcos y otras piezas (Fernández, 1992).

#### **3.2.1.8. Patología de la madera**

La patología hace referencia a las enfermedades que puede sufrir una estructura, en éste caso de madera, la cual puede ser causada por diferentes agentes, tanto bióticos, como abióticos, e 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, las cuales se describen a continuación.

- ❖ Protección de la Madera: tiene como objetivo mejorar sus prestaciones incrementando su vida útil o de servicio. Para ello se vale de dos tipos distintos de medidas que pueden resumirse del siguiente modo: protección no química (protección por diseños constructivo) y protección química.

Protección no química (protección por diseño constructivo): consiste en no utilizar sustancias químicas para la protección de la madera, sino en recurrir a las propiedades de la madera (en especial la durabilidad natural), para

disminuir al máximo el efecto de agentes adversos a la madera (como humedad y condiciones climáticas) y en realizar una buena planeación y un adecuado diseño para la colocación arquitectónica ideal de cada elemento de madera a utilizar. Constituye un refuerzo adicional para la protección. Si la protección por diseño constructivo está bien diseñada y planeada, se puede reducir en gran proporción (quizás hasta en un 80%) el uso de la protección química (Zanni, 2004).

*Protección química:* se usa principalmente en aquellas piezas de madera utilizadas en el exterior o que van a estar expuestas a condiciones climáticas adversas. Consiste en la aplicación de sustancias químicas para prolongar la vida útil de la madera al hacerla resistente al ataque de hongos, insectos, fuego y la intemperie, así como mejorar su estabilidad dimensional.

La protección química se utiliza para aquellas piezas que estarán sometidas a la acción de agentes deteriorantes como la humedad, el fuego y la intemperie; es decir, la madera que va a utilizarse para exteriores o la que estará expuesta a estos agentes. A pesar de que los compuestos de cromo disminuyen el efecto que causa la intemperie, toda la madera tratada debe ser pintada para protegerla de los efectos del sol. El intemperismo (efecto de la lluvia y del sol) modifica la estructura molecular de la madera a través de cambios químicos, mecánicos, biológicos y lumínicos muy complejos, los que ocurren simultáneamente. En general en dos meses de exposición al sol, todas las maderas se tornan amarillentas o cafés y luego grisáceas. Las maderas más oscuras y con alta densidad sufren cambios más lentos que las maderas claras y de baja densidad (Zanni, 2004).



Protección de diseño constructivo: tiene como objetivo impedir una alta concentración de humedad en las piezas de madera y reducir al mínimo los cambios de contenido de humedad en la madera.

### **3.2.1.9. Métodos de conservación y preservación de la madera**

Existen varios métodos de tratamiento, tanto para madera húmeda como para madera seca. Solo trataremos con fines de madera seca.

Existe una gran cantidad de métodos de tratamiento de la madera seca con el fin de prolongar su vida útil. Sin embargo, algunos son más efectivos que otros. Estos métodos se pueden dividir según su grado de penetración, en tratamientos superficiales y tratamientos a profundidad. Los tratamientos superficiales son aquellos que permiten alcanzar penetraciones máximas del protector en la madera de 3 mm de profundidad. Los tratamientos a profundidad alcanzan penetraciones mayores a 3 mm y pueden ser totales o parciales, según el método o la especie. El tipo de sustancia y el tipo (especie) de madera juegan un papel importante para alcanzar una determinada profundidad de la sustancia dentro de la madera (Cruz, 2010).

- ❖ Pincelado y brocha: tratamiento en que el protector se aplica con pincel, brocha o rodillo. Se utilizan mayormente los protectores en disolvente orgánico por su mayor grado de penetración y menor deslave.

Se aplica dándose tres manos del protector y dejándose secar entre ellas. Se pueden alcanzar unos grados de absorción sólida del protector entre 150 a 250 gr/m<sup>2</sup>.

Se crea una delgada capa toxica superficial (en maderas poco permeables penetra hasta 1 mm y en maderas más permeables penetra a 2 a 3 mm) por lo que la protección de la madera es baja. La madera debe estar seca (< 18%) limpia y libre de recubrimientos superficiales.

El método más simple de aplicación de un preservantes es el de brocha y se usa normalmente para maderas de pequeñas dimensiones y también cuando se requiere tratar maderas ya instaladas en un edificio (Cruz, 2010).

- ❖ Pulverizado o aspersion: este método puede ser aplicado también con presión y sin presión. Con presión se puede utilizar un compresor eléctrico y sin presión un aspersor manual. El compresor eléctrico se recomienda para aquellas sustancias inodoras y no tan tóxicas como las sales del boro. Para otro tipo de sustancias más tóxicas puede ser peligroso para persona que lo aplica ya que forma una nube con partículas muy finas que son aspiradas rápidamente por la boca y afectan garganta y ojos. (Cruz, 2010).
  
- ❖ Inyección sin presión: se utiliza para impregnar vigas de madera o bienes muebles. Se hacen perforaciones a la madera con una broca fina (2 a 3 mm de diámetro). La perforación debe ser lo más inclinada posible del techo hacia abajo de la viga. Posteriormente se introduce la jeringa y se inyecta el líquido. Se recomienda utilizar jeringas con la mayor capacidad posible.

En bienes muebles se aprovechan las perforaciones realizadas por los insectos para introducir la jeringa e inyectar la sustancia (Cruz, 2010).

- ❖ Inyección con presión: consiste en perforar la madera, insertarle y dejar dentro unas válvulas de plástico que permiten la inyección de la sustancia. Se usa una presión aproximada a las 4 Kg/cm<sup>2</sup>. El problema de este método es que la sustancia penetra a profundidad pero en forma parcial, no total. Se

usa para madera escuadrada > a 50 mm y en madera en rollo con diámetros > a 100 mm. Los taladros se aplican a tresbolillo o alineados en la cara de la viga de madera, no deben ser más de tres por metro lineal y con una profundidad no mayor a la del espesor de la pieza. Se recomienda dos tipos de válvulas de 6 mm para escuadrías < a 100 \* 100 mm o con grueso entre 50 y 200 mm y 9 mm para aquellas > a 100 \* 100 mm y con un grueso > a 200mm (Cruz, 2010).

- ❖ Inmersión breve: es un método que se utiliza frecuentemente en aserraderos para proteger principalmente tablas y tablones contra el manchado (hongos) de la madera. Es un protección muy superficial y sin garantía. Para madera estructural no debería utilizarse porque no penetra ni siquiera 1 mm.

El tiempo de inmersión va de los 10 segundos a un máximo de 10 minutos, dependiendo de la especie, de las dimensiones de las piezas y del tipo de preservantes. (Cruz, 2010).

- ❖ Inmersión prolongada: el tiempo de inmersión de la madera en la sustancia protectora va de 10 minutos a varias semanas. Según el uso al que este destinada, su tipo, las dimensiones de la pieza, el contenido de humedad y la sustancia a usar. Pudiera utilizarse para madera estructural (vigas, columnas, gualdras o polines) pero con un tiempo mínimo de inmersión de 48 horas. Dependiendo de la densidad, permeabilidad e impregnabilidad de la madera, la sustancia penetrará de 3 a 5 mm, máximo de 10 mm, por lo que se consigne una protección media (Cruz, 2010).
- ❖ Baño caliente-frío: es prácticamente una inmersión caliente- fría. Las piezas se sumergen primero en el preservante caliente, lo que ocasiona la salida del aire del interior de la madera, además de un distanciamiento de sus



moléculas, posteriormente se sumerge la pieza de madera en el preservante frío(a temperatura ambiente). (Cruz, 2010).

- ❖ Método de presión y vacío (método Bethell): es el más adecuado para proteger la madera que se va a utilizar en clases de riesgos 4 y 5. Es un método que se utiliza antes de darle uso a la madera, es el más efectivo, practico, económico y rápido. Es efectivo porque logra que la sustancia penetre e impregne la albura al 100%, además se pueden controlar las variables de impregnación como la absorción, la retención y la penetración.

Existen varios métodos de presión y vacío. Los más comunes son el método de célula llena (Bethell) y los métodos de célula vacía (Lowry, Ruppung). Proceso de impregnación en el método de presión y vacío por célula llena (proceso Bethell): Secado, limpieza, preparación de la solución, vacío inicial, llenado, Presión, Vacío final y penetración. (Cruz, 2010).

- ❖ Evaluación del grado de daño de los elementos mediante el empleo del resistógrafo: técnicas de resistencia a la penetración resultan más claras en la mayoría de estructuras de madera. El equipo comúnmente utilizado es el resistógrafo, que consiste en un taladro mecánico que realiza una perforación de 2 a 3 mm de diámetro en la dirección radial de la sección de la pieza, evaluando la resistencia que ofrece la madera a la perforación según el taladro avanza en la perforación de la sección de la pieza. El equipo facilita un perfil gráfico de la sección a tiempo real, detectándose la resistencia que muestra la madera debido a diferencias de densidad, como por ejemplo la madera de verano y primavera. Cuando existen pudriciones u oquedades en la madera, la resistencia a la perforación es mucho más baja, por lo que se puede detectar la ubicación del año en la sección de la pieza. El resistógrafo permite la evaluación de la presencia de pudriciones en

zonas de difícil acceso para el empleo de otras técnicas no destructivas, así como la localización de daños internos no apreciados en la evaluación visual (Rehabend, 2013).

#### **3.2.1.10. Clases de riesgo que afecta la madera**

Las clases de riesgo son un concepto definido por las normas para intentar valorar el riesgo de ataque de agentes xilófagos, en función del lugar donde va a instalarse la madera. De acuerdo a la clase de riesgo en que se encuadra cada caso, y considerando las medidas constructivas a adoptar y la especie forestal de que se trate, podrá elegirse el tratamiento químico adecuado a aplicar; las variables consideradas para la clasificación son el grado de humedad a que estará expuesta la madera durante su vida de servicio, el contacto con aguas dulces o saladas, su grado de exposición a la intemperie, etc. De acuerdo a ellas, se distribuyen en cinco categorías (Arriaga et al, 2002).

- ❖ Clase de riesgo 1: incluye los elementos que están bajo cubierta, completamente protegidos de la intemperie y no expuestos a la humedad. Los contenidos de humedad alcanzados por la madera durante su vida de servicio serán siempre inferiores al 18%.

Si bien no hay riesgo de ataque por hongos, si lo hay por parte de insectos xilófagos (ocasionalmente puede ser atacada por terminas, parques, entarimados, vigas, revestimientos de madera, etc. (Zanni, 2004).

- ❖ Clase de riesgo 2: incluye los elementos que están bajo cubierta, completamente protegidos de la intemperie pero en la que se puede dar ocasionalmente una humedad ambiente elevada que puede producir humectación superficial transitoria pero no permanente. Los contenidos de

humedad alcanzados por la madera durante su vida de servicio serán siempre inferiores al 18 o 20%. Ocasionalmente puede existir riesgo de ataque de mohos y otros hongos cromógenos, en tanto que por parte de los insectos xilófagos, es similar a la clase 1. Son ejemplos típicos de éste grupo, los elementos de madera colocados cerca de desagües o instalaciones sanitarias, estructuras de piletas cubiertas, etc. (Zanni, 2004)

- ❖ Clase de riesgo 3: la pieza está al descubierto pero no en contacto con el suelo, lo que ocasiona que sufra humidificación frecuente, los contenidos de humedad alcanzados por la madera durante su vida de servicio serán superiores al 20% con alternancias rápidas de sus valores, al existir períodos de humectación y sequedad. El riesgo de ataque de hongos xilófagos cromógenos y de pudrición es más marcado que en la clase 2. Con respecto a los insectos, el riesgo es similar a la clase 1. Dentro de éste grupo se ubican elementos de carpintería exterior (Zanni, 2004).
- ❖ Clase de riesgo 4: el elemento está en contacto con el suelo o con agua dulce y expuesto a humidificación permanente. Los contenidos de humedad alcanzados por la madera serán superiores al 20% durante largos períodos de tiempo. Tiene un riesgo permanente de pudrición y de ataque de termitas. Los ejemplos típicos de madera de esta clase son los postes, pilares, cercas, pilotes, embarcaderos de río, etc. (Zanni, 2004).
- ❖ Clase de riesgo 5: el elemento está en contacto permanente con agua salada. Los contenidos de humedad alcanzados por la madera serán permanentemente superiores al 20% durante toda su vida de servicio. Además de los riesgos de ataque de la clase 4, se añade el de los xilófagos marinos. El ejemplo habitual lo constituyen los muelles y embarcaderos marítimos. (Fritz, 2010).



El empleo de una madera en un uso determinado depende principalmente de sus propiedades físicas, mecánicas y de carácter estético, apreciadas o determinadas éstas sobre madera sana. Es necesario sin embargo, considerar que estas propiedades son modificadas en mayor o menor escala cuando la madera sufre alteraciones a lo largo del tiempo (Zanni, 2004).



Figura 3.4. Degradación de la madera. (Centro de transferencia tecnológica de la madera, 2007).

#### **3.2.1.11. Causas biológicas**

Para que los agentes biológicos se desarrollen y subsistan se requiere que existan ciertas condiciones como son: fuente de material alimenticio para su nutrición y temperatura para su desarrollo; El intervalo de temperatura es de 3° a 50°, siendo el óptimo alrededor de los 37 °C; la humedad debe estar entre el 20 % y el 140 %, para que la madera pueda ser susceptible de ataques de hongos. Por debajo del 20 %, el hongo no puede desarrollarse y por sobre 140 % de humedad, no hay suficiente oxígeno para que pueda vivir. (Fritz, 2010).

- ❖ Hongos: los hongos que atacan la madera son organismos parásitos de origen vegetal que se alimentan de las células que la componen desintegrándola. Se producen sobre la madera húmeda bajo ciertas condiciones de temperatura, por esporas traídas a través del aire o por el contacto directo con otros hongos. La protección de la madera debe comenzar, por lo tanto, desde que se corta. Las maderas con baja durabilidad natural y la madera de albura de todas las especies deben tratarse con sustancias preservantes (NSR-10, 2010).
- ❖ Hongos cromógenos: se caracterizan por alimentarse de las células vivas de la madera. El efecto importante que producen es un cambio de coloración, la madera toma un color azulado, pero en general no afecta a su resistencia, dado que no altera la pared celular (Fritz, 2010).

Según lo expuesto, una madera azulada no debería depreciarse más que por su aspecto, pero la realidad es que el hecho de presentar dicha coloración, es signo de que la madera ha estado expuesta a condiciones favorables para el desarrollo de hongos de pudrición, y si bien todavía no es visible su ataque, probablemente éste se ha producido en alguna medida.



Figura 3.5 Ataque por hongos en piezas machihembradas de pino Radiata. (Fritz, 2010).

- ❖ **Hongos de pudrición:** en este caso los hongos se alimentan de la pared celular, causando una severa pérdida de resistencia, impidiendo cualquier tipo de aplicación, ya que la madera puede desintegrarse por la simple presión de los dedos. En un ataque de pudrición se suelen desarrollar muchos tipos de hongos, cada uno de los cuales actúa en un determinado intervalo de degradación, dependiendo si el hongo se alimentó de la lignina o de la celulosa (Fritz, 2010).

La pudrición blanca es causada por hongos que se alimentan de la lignina, dejando la celulosa de color blanco. En este caso la madera se rompe en fibras, por lo que también se denomina pudrición fibrosa.

La pudrición parda es causada por hongos que se alimentan de la celulosa dejando la lignina, caracterizada por su color pardo. La madera se desgrana en cubos, por lo que también se le conoce como pudrición cúbica.



Figura 3.6. Pieza de madera atacada por Hongo de Pudrición. (Fritz, 2010)



- ❖ **Mohos:** son hongos que tienen una apariencia de algodón fino. La extensión de estos depende fundamentalmente de la temperatura y de una humedad abundante. Afectan a la madera en su aspecto superficial y se pueden eliminar cepillando la pieza, no causan daños a la resistencia ni a otras propiedades. Si no se eliminan oportunamente puede que la pieza de madera sea fácilmente atacada por hongos de pudrición, ya que el crecimiento de mohos estimula su desarrollo.



Figura 3.7. Pieza de madera atacada por Moho. (Fritz, 2010)

- ❖ **Insectos:** la madera puede ser atacada, especialmente en climas húmedos y cálidos, por insectos que perforan su estructura en busca de nutrientes. Entre estos insectos están las termitas subterráneas, los gorgojos y los comejenes (termitas) (NSR-10 b, 2010).
- ❖ Existe una gran cantidad de insectos que usan la madera para reproducirse y vivir y se alimentan de la celulosa que ésta contiene. El daño se produce debido a que sus larvas, orugas y adultos abren galerías en la madera para obtener alimento y protección. Dentro de estos insectos figuran los siguientes:

*Coleópteros xilófagos:* pueden ser agrupados en tres categorías, Insectos que requieren un contenido de humedad en la madera mayor al 20%, insectos que atacan maderas parcialmente secas (menos del 18 % de humedad), insectos que atacan a las maderas secas. (Fritz, 2010).

*Termitas o Comejenes:* son los ataques de estos insectos los que pueden causar mayores daños a la estructura de madera de una vivienda. Son capaces de introducirse entre los cimientos, sobre cimientos, radias y muros de las edificaciones taladrando el hormigón, aprovechando las grietas, las cañerías y ductos que atraviesan estas estructuras o practicando galerías exteriores a base de una argamasa extraordinariamente dura (Fritz, 2010).



Figura 3.8. Termitas deteriorando pieza de madera. (Ecoespacio, 2010).

### 3.2.2. Historia del Encofrado

El encofrado en construcción es un molde de madera o acero y tienen por objetivo contener la armadura y el concreto durante el proceso de fraguado. Gracias a

las propiedades mecánicas de la pasta de concreto es posible crear una gran cantidad de elementos de distintas formas con fines estructurales o arquitectónicos

El encofrado ha estado ligado al uso del concreto a lo largo de toda la Historia, pero hay muy poco escrito al respecto. Lo que es evidente, es que cuando se realiza una construcción empleando concreto para conseguir las variadas formas en las que se encuentra este material, se necesita un sistema que de forma al concreto durante la fase de fraguado.

Podemos situar en un contexto bastante antiguo el uso y la construcción del encofrado que data desde el año 3,000 A.C en la antigua civilización egipcia, si bien el encofrado moderno, flexible a los cambios estructurales y climáticos, como hoy lo conocemos fue ideado en 1950. Es importante describir que cuando se habla de “encofrados” no solo se refiere al utilizado en arquitectura, diseño y construcción de obra.

Existen diferentes usos y tipos de encofrados. Desde el conocido en construcción destinado a estructuras de mampostería y cerramientos de lozas, hasta el encofrado arcilloso que se utiliza para recubrir piezas de incalculable valor de orfebrería.

### **3.2.3. Encofrados de madera**

En los encofrados de madera el revestimiento se realiza en el sitio utilizando como material de fabricación las tablas de madera y plywood resistente a la humedad. Es fácil de producir, muy utilizada en obras pequeñas y medianas donde los costes de la mano de obra son menores que los del alquiler del encofrado, por contra el plywood tiene una vida útil relativamente corta. Además los encofrados de madera



son utilizados en obras que aunque tienen grandes diseños específicos y únicos para los cuales no se encuentran encofrados prefabricados en el mercado.

Un buen diseño de encofrados de madera tomara en cuenta el tiempo que esta se vea sometida a cargas vivas y muertas, la forma de sujetar los elementos del encofrado sin perforarla para evitar su destrucción y el número de usos que se le puede dar.

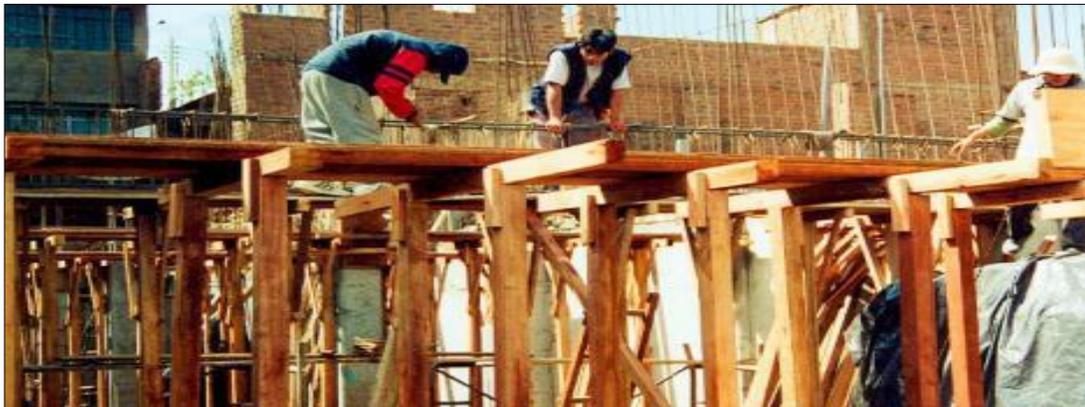


Figura 3.9. Encofrados de madera. (Cid 2010: s/p).

En este tipo de encofrados el revestimiento, es decir, la cara encofrante se realiza en obra colocando tablonés de madera, paneles de madera contrachapada o aglomerado resistente a la humedad. Para las maderas que no estén tratadas y que por tanto absorban la humedad, es importante tener en cuenta y debe preverse que estas se puedan hinchar, para evitar que esto afecte negativamente al encofrado. Este material es muy empleado en obras pequeñas, donde el coste de la mano de obra es menor del que supondría el alquiler del encofrado.

Se suele emplear en la construcción de formas específicas, para las que no se encuentran encofrados prefabricados.

También es importante resaltar que aunque pueden ser empleados en más de una ocasión, la madera sufre un deterioro bastante rápido. Es un tipo de encofrado muy empleado por ser un material muy fácil de obtener en el mercado, su costo de inversión es bajo, su montaje es sencillo y permite producir fácilmente casi cualquier forma.

### **3.2.3.1. Defectos en la Madera**

El nudo es uno de los defectos más difíciles de tratar y frecuentes que se encuentran en la madera, debido a la presencia de una rama comprendidos en la madera del tronco.

Los nudos pueden disminuir en un 20% la resistencia en compresión de la madera y en un 40 0 50% la resistencia a la tensión. Debe buscarse una madera con el menor número de nudos posible para asegurar la elaboración de un encofrado.

### **3.2.3.2. Clasificación de los encofrados de madera**

Dentro de los encofrados hechos con madera tenemos:

1. Encofrado para columnas
2. Encofrado para viga
3. Encofrado para losa
4. Encofrado para zapata
5. Encofrado para muro y pared

### **2.2.3.3. Ventajas del uso de encofrados de madera**

1. El encofrado tradicional (de madera) es económico, su costo de inversión es bajo con respecto a los demás materiales.
2. Permite producir prácticamente cualquier forma que presenten ciertos detalles constructivos, pero no con tanta facilidad que los encofrados plásticos.
3. Es de fácil montaje.
4. Bajo peso en relación a su resistencia.
5. Por ser un material liviano presenta una considerable capacidad a la tracción y compresión.
6. Facilidad para trabajarla, ductilidad y textura.
7. Por su material se encuentra en el mercado fácilmente.

### **3.2.3.4. Desventajas del uso de encofrados de madera**

1. No debe abusarse al armarlo de clavos y tornillos ya que esto debilita la madera. Para su óptima conservación, la madera es conveniente se pinte con periodicidad y así evitar el deterioro por acción del clima.
2. Para obras de gran magnitud como son las de gran altura, se vuelve complicado y costosa la fabricación de estructuras de madera.
3. Es necesario también que si sufrieron algún daño, este sea reparado.



4. Cuando se realice el desencofrado, o sea, el retiro del encofrado, debe utilizarse con cuidado el martillo metálico para no dañar ni la madera ni los ganchos.

#### **3.2.4. El mercado nacional maderero**

Dentro del país existen dos tipos de mercado: el proveniente de plantaciones y el de maderas no comercializadas (bosques naturales). El seguimiento por parte de las instituciones dedicadas a nuestras reservas permite prever un desarrollo forestal estimando que de 1995 a 2000 se duplicó la producción, pasando de 730000 metros cúbicos a 1500000 metros cúbicos oficiales. Este incremento se debe principalmente al aumento en producción de los bosques de pino caribe.

Actualmente las plantaciones forestales del país están “en condiciones de producir unos 3 millones de metros cúbicos anuales; no obstante para 1998 se produjeron alrededor de 910.386,256, los cuales fueron consumidos principalmente en la producción de la madera aserrada”. Pero para generar un verdadero desarrollo sustentable de la empresa se necesitan otros planes en las áreas de investigación e inversión, esto acompañado de una mejora en las políticas de control ambiental.

En Venezuela más del 50% de su área continental está conformada por bosques naturales, de los cuales 30 millones de hectáreas poseen alta potencialidad para la producción forestal. Una amplia parte de esta superficie a la que nos referimos ha sido decretada como área bajo régimen de administración especial (ABRAE), clasificándolas como protección forestal, protección estricta y protección normada.

### **3.2.4.1. Bosques Plantados**

Las plantaciones forestales con fines de producción masiva comenzaron hace ya más de 35 años, después de una serie de ensayo llevados a cabo durante 1970. Los entes que manejan este tipo de bosques son El Ministerio de Agricultura y Cría, la Corporación Venezolana de Guayana y la Universidad de los Andes cuyos proyectos de plantaciones forestales ayudaron en el área de investigación a conformar lo que es hoy el potencial de bosques plantados. “Existen unas 727.447,75 hectáreas plantadas, Monagas y Anzoátegui como los mayores productores y en menor escala Cojedes, Lara y Portuguesa; 91% corresponde al pino caribe, el restante 3% a la teca, 1% eucaliptos y 5% a diversas especies (cedro, caoba, saqui-saqui, mijao, mureillo, algarrobo, carapa, etc.)” .La Corporación Venezolana de Guayana (CVG-Proforca), El ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, la Compañía Nacional de Reforestación (Conare), La Universidad de los Andes son los principales entes que se han dedicado a la plantación de reservas forestales para usos en construcción.

### **2.2.4.2. Situación de la producción forestal**

La oferta interna del mercado en madera si bien fue durante mucho tiempo del bosque natural, la tendencia de crecimiento en la producción de pino caribe del oriente del país ha alcanzado un nivel tan alto que mantiene una especie de monopolio del mercado, tanto por accesibilidad como por manejo de costos.

## **2.3. Marco Legal**

En torno al marco legal relacionado con el uso de madera para elaboración de encofrados utilizados en construcciones, es importante señalar aquel marco legal que se considere de importancia para incluso la explotación de la materia prima estudiada

en el presente estudio. Se trata entonces de la normativa legal que avala la explotación de recursos forestales como es la madera.

Ahora bien, la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, aprobada y publicada en gaceta oficial el 30 de diciembre de 1999 fecha en la cual entra en vigencia constituye la norma venezolana de derecho público interno de mayor jerarquía que rige nuestro comportamiento en sociedad y por encima de ella no existe una norma superior, salvo la ley de Dios. Resulta novedoso en la Constitución la definición de unos Derechos Ambientales de los ciudadanos, contenidos en sus artículos 127 al 129 y en los cuales se establece la obligación conjunta de Estado y Sociedad para proteger y conservar el ambiente, garantizar nuestro desarrollo sustentable, la necesidad de ordenar el territorio y la obligatoriedad del Estudio de Impacto Ambiental y Socio-cultural para toda actividad susceptible de dañar los ecosistemas. Pues bien, esta ley de leyes, al referirse a los bienes jurídicos ambientales en su preámbulo, al ambiente y lo ambiental en sus diversos artículos (15, 107, 112, 127, 129, 156, 178, 184, 299, y 326), a riquezas o recursos naturales en los artículos 113, 120, 156, y 302, a diversidad biológica en el artículo 127, a seres o especies vivas en el artículo 127 y a ecosistemas en el artículo 129; necesariamente también está haciendo mención al recurso forestal, recurso natural vivo.

Lo anterior, enfocado a seguir los parámetros de Ley para extraer la madera de los boques. Ahora bien, La misma Constitución cita expresamente al Recurso Forestal en dos de sus artículos, cuando se refiere al ente dentro de la Administración Pública que se ha de encargarse de su gestión y manejo sustentable en beneficio del país, y es así como su artículo 156, numerales 16 y 25 le asigna al Poder Público Nacional la competencia en conservación, fomento y aprovechamiento de los bosques y la política nacional para la producción forestal, respectivamente, y en el artículo 183 se establece que los estados y municipios sólo podrán gravar la actividad forestal en la oportunidad, forma y medida que lo permita la ley nacional.



De esta manera la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela establece normas o lineamientos para regular la materia forestal, en forma amplia y en forma específica. En forma amplia, cuando emplea los diferentes términos que denotan el recurso natural forestal, y en forma específica, cuando le asigna al Poder Público Nacional la competencia legal para establecer la política nacional en materia forestal y para regular su conservación, fomento y aprovechamiento, de donde deriva que el Decreto 3.125, en su artículo 18, numeral 8, asigne la competencia forestal al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, en tanto que al Poder Estatal y Municipal sólo le permite crear impuestos municipales sobre la actividad de aprovechamiento forestal dentro de su jurisdicción territorial cuando la normativa nacional así lo autorice; aun cuando por disposición de la propia Constitución (Artículo 157) es posible transferir competencias nacionales a los estados y los municipios, en forma absoluta o en forma concurrente, y es la Ley de Descentralización, Desconcentración y Transferencia de Competencias del Poder Público la que hace posible estas transferencias desde las instancias superiores a las instancias de menor jerarquía dentro del poder público.

Asimismo, Código Civil de Venezuela (1982), texto legal reformado por última vez en el año 1982 el cual compila normas que regulan aspectos diversos relacionados con las personas, en el Libro Segundo, Título Tercero, Capítulo II, intitulado De las limitaciones legales a la propiedad predial y de las servidumbres prediales, están redactados varios artículos que hacen referencia directa a bosques y árboles, ellos son: Artículo 645, establece que la conservación de los bosques es una limitación legal de la propiedad predial. Artículo 657, el cual prohíbe talar ni quemar bosques en las cabeceras de ríos y vertientes, sin cumplir con las normas legales, y además da a los afectados-propietarios el derecho de oponerse a los desmontes en esas zonas, y en estos casos puede exigir u obligar a replantar el bosque, es decir exigir la reforestación del área. Artículos 698 y 699, establecen que los árboles que

sirven como linderos, sea sólo o como parte de una cerca, no pueden cortarse sino de común acuerdo, y si están en o son un seto medianero, estos son árboles comunes.

Por otro lado, se puede mencionar la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (1983) Siete (7) títulos, divididos en capítulos, con un total de setenta y ocho (78) artículos conforman esta ley, vigente desde 1983. El artículo 15 indica las áreas bajo régimen de administración especial determinadas en Venezuela, entre ellas aquellas ocupadas por vegetación, tales como los Parques Nacionales, las Reservas Forestales y Zonas Protectoras; y el artículo 16, numeral 8, establece que también se consideran áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE), con vocación forestal, a las áreas boscosas bajo protección. Para garantizar la ordenación del territorio se crea una comisión nacional en cuya conformación debe estar presente un representante del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), de acuerdo con el contenido del artículo 20.

Los planes de las áreas bajo régimen de administración especial (Art. 32) referidos a las reservas forestales, parques nacionales, zonas protectoras, lotes boscosos y áreas boscosas bajo protección, deben ser elaborados por los entes competentes, en este caso el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales por intermedio de su Dirección General de Bosques (Literal m del artículo 46) e Inparques.

Ley Orgánica del Ambiente (1976) Ley Nacional vigente, pero en proceso de estudio para ser modificada, conformada por treinta y siete (37) artículos organizados en siete (07) capítulos. Esta ley concuerda con el contenido de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio y el Plan Nacional para la Ordenación del Territorio, en la intención que manifiesta el legislador al considerar que es necesario señalar las áreas bajo régimen de administración especial, necesarias para la conservación del recurso forestal, y sirve de base para el señalamiento y tipificación de los delitos

ambientales previstos en la Ley Penal del Ambiente. En resumen, la actividad forestal en el país debe estar legalmente enmarcada dentro de la actividad ambiental, para que sea viable, y requiere siempre el permiso del órgano competente para su explotación y/o aprovechamiento dondequiera que se realice dentro del territorio venezolano.

A continuación se reseña lo referente a un decreto denominado Decreto N° 2.117. Reglamento de la Ley Forestal, de Suelos y de Aguas (1977). Texto legal, vigente desde 1977, compuesto por doscientos doce (212) artículos, ordenados en capítulos dentro de doce (12) títulos. En su Título VI De los Aprovechamientos Forestales: Artículos 85 al 98. Establece los diámetros mínimos de cortabilidad de las especies forestales, diferentes según que las maderas sean duras, blandas o finas, como una medida técnica adoptada por el MARN para racionalizar este aprovechamiento. El ministerio del ambiente, mediante resolución, determinará los frutos de las especies forestales en terrenos baldíos, que podrán ser aprovechados libremente; en consecuencia, los interesados podrán hacerlo sin derribar o perjudicar los árboles, notificando al ente competente la fecha prevista para hacerlo. Si este aprovechamiento es en terrenos ejidos o privados, el MARN hará la autorización a la municipalidad o al propietario, respectivamente. Los árboles productores de látex, resinas, aceites, frutos oleaginosos, cortezas aromáticas, raíces medicinales, etc., cuyo valor comercial es mayor que la madera, no pueden ser explotados con fines maderables, salvo aprobación justificada por parte del MARN.

Título VII De la Movilización y Circulación de Productos Forestales: Este título trata sobre los elementos legales que amparan la procedencia y movilización de los productos forestales en el territorio nacional. En principio, el Martillo Forestal es un bien nacional, el cual troquelado sobre el producto forestal garantizaría que su procedencia u origen está legalmente autorizado por el órgano competente, y se aplica tanto a la madera en pie antes de su explotación, como a la madera en rolas luego de haber sido explotada. La Guía de Circulación es un documento legal, la cual



acompañando al producto forestal, en principio justifica que el mismo puede ser movilizadado dentro del territorio nacional por provenir de una explotación permitida legalmente.

Las autoridades de control exigirán, verificarán y sellarán las guías de movilización de productos forestales en cada alcabala o punto de control por donde circule el producto, y en caso de ausencia del martillo o de falta de correspondencia entre los datos de la guía y el producto movilizadado, las autoridades deben detener la circulación y retener preventivamente el producto, transporte y conductor si fuese el caso; para investigar la legalidad o no del producto en su origen y en su movilización.

La Resolución MARN N° 53: permiso para Tumba, Roleo y Aserrío a Pie de Tocón (2000): conformada por Once (11) artículos regulan la explotación de productos forestales dentro de fincas productoras y plantaciones de café y cacao en la parte suroeste de la región ambiental Los Andes, para disminuir daños a suelos y vegetación y costos a los productores. El artículo 1 establece que la tumba, roleo y aserrío a pie de tocón puede hacerse como práctica agrícola o fitosanitaria si la finca está en producción, y también puede hacerse en fincas productoras si son de vocación agrícola y las pendientes están entre 0 y 15 %, si el volumen a aprovechar es mínimo y no compensa gastos mayores, y si los terrenos no son zonas protectoras aun cuando haya cultivos en ellos.

El procedimiento es el siguiente: formulada la solicitud, al hacerse la inspección por parte del Ministerio se aplicará el martillo en el tocón y a la altura de pecho de cada árbol, para su tumba. Tumbados y cortados en rolas los árboles, se elabora el respectivo inventario y se entrega al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, quien autoriza para el aserrío al pie de tocón y entrega las guías para movilización del volumen presentado en el inventario. Aserradas las rolas, se llevan al patio de la finca donde se martillan ambos extremos de todas las piezas

obtenidas y se solicitan las guías de canje para el volumen de madera aserrada. Sólo se dará una autorización por fundo, con vigencia de un año, y la violación del mismo implica el comiso de los productos explotados ilegalmente como los explotados en función de la autorización emitida. No pueden construirse vías para extraer la madera del fundo sino que deben ser usadas las ya previamente existentes.

Además de la legislación que respalda la obtención de la madera en el territorio nacional, existe una norma específica para el tema específico desarrollado por las investigadoras. Esta es la Norma Covenin 2244-91, aprobada con carácter provisional en 1985 y aprobada como definitiva el 05 de junio de 1991. Se basa en Seguridad para encofrados. En dicha norma se establecen los correctos procedimientos para requerimientos de estabilidad, amarres laterales, consideraciones por viento. Así mismo se aneja en dicha norma la prevención del colapso del encofrado bajo carga, asegurando que aquellas personas que son parte de la construcción y desmantelan dichos encofraos, pueden llevar a cabo su trabajo con seguridad, previniendo caídas y minimizando riesgos para la salud y seguridad de otros. Cabe destacar que los contratistas de la obra deben tener total conocimiento de la norma ya que es el responsable por la coordinación segura de la obra.

Antes de comenzar con el armado del encofrado deberá hacerse el análisis de riesgos y planificar un sistema de trabajo seguro. El procedimiento debe ser conocido por todos los involucrados en el trabajo para evitar posibles accidentes. Finalizando este aparte, se tiene que la Norma Covenin 2244-91, abarca en su objeto y campo de aplicación:

1. Requisitos mínimos de seguridad en lo relativo a materiales y diseños que deben cumplir los encofrados
2. Requisitos mínimos para el montaje
3. Requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los encofrados

Vale la pena acotar que el desconocimiento de la ley no exime de responsabilidad, y los problemas legales suelen ser bastante costosos. Es preferible dedicarse a conocer los temas de legislación antes de cometer errores que puedan acarrear graves consecuencias tanto humanas como penales.

### **3.4. Definición de términos básicos**

#### **3.4.1. Acabado**

Se refiere al último tratamiento que recibe un elemento de la construcción con detalles. (Norma Venezolana Covenin 2002-92, s/f).

#### **3.4.2. Acero estructural**

En las estructuras metálicas, se aplica a todo miembro o elemento que se designa así en los documentos del contrato y/o es necesario para la resistencia y la estabilidad de la estructura. (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).

#### **3.4.3. Agregado**

Material granular inerte el cual se mezcla con cemento hidráulico y agua para producir concreto. (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).

#### **3.4.4. Albañilería**

Arte de construir y recubrir con materiales pétreos naturales o artificiales. Aplicase tanto a la construcción de estructuras o cerramientos de mampostería, como el acabado, revestimiento y reparación de las superficies e los pisos, paredes, techo o elementos decorativos. . (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).



### **3.4.5. Columna**

Miembro estructural utilizado principalmente para soportar cargas axiales, acompañada o no de momentos flectores, y que tiene una altura de por lo menos 3 veces su menor dimensión transversal. (Norma Venezolana Covenin 1753-06, s/f).

### **3.4.6. Cómputos métricos**

Cálculo detallado de las cantidades de la obra. . (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).

### **3.4.7. Concreto**

Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino grueso y agua, con o sin aditivos. (Norma Venezolana Covenin 1753-06, s/f).

### **3.4.8. Concreto armado**

Concreto que contiene el refuerzo metálico adecuado, diseñado bajo la hipótesis que los dos componentes actuarán conjuntamente para resistir las soluciones a las cuales estará sometida. (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).

### **3.4.9. Construcción**

Aplíquese al montaje y fijación en obra de los componentes fabricados para formar una estructura compleja. (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).

#### **3.4.10. Edificación**

Construcción cuya función principal es alojar personas, animales o cosas. (Norma Venezolana Covenin 2002-92, s/).

#### **3.4.11. Encofrado**

Estructura temporal o molde para dar forma y soportar el concreto mientras se endurece y alcanza la superficie resistente como para soportar las cargas de construcción. (Norma Venezolana Covenin 2002-92, s/f).

#### **3.4.12. Estructura**

Conjunto de elementos cuya función es resistir y transmitir las acciones a suelo a través de las fundaciones. (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).

#### **3.4.13. Infraestructura**

Parte de la estructura necesaria para soportar la superestructura de la edificación por debajo de la cota superior de la base o losa de pavimento, o de la placa de fundación. (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).

#### **3.4.14. Mampostería**

Construcción realizada con elementos de piedra, ladrillo, concreto, cerámica, etc, habitualmente puestos con las manos y unidos con morteros. (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).

#### **3.4.15. Mortero**

Mezcla homogénea constituida con arena, cal o cemento y agua en proporciones para asegurar una resistencia adecuada. (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).

#### **3.4.16. Muro estructural**

Muro diseñado para resistir combinaciones de cortes, momentos y fuerzas axiales inducidas por las acciones sísmicas o las acciones gravitacionales. De acuerdo a sus dimensiones puede predominar en su diseño el comportamiento por flexión o por corte. (Norma Venezolana Covenin 1753-06, s/f).

#### **3.4.17. Obra**

Producto final del proceso de construcción que tiene como propósito satisfacer necesidades del ser humano. (Linares, A. s/f).

#### **3.4.18. Supervisor**

Profesional de la Ingeniería altamente calificado, designado como asesor para prestar asistencia técnica al contratante de obras, sirve como un apoyo adicional y asistencia a las labores de Inspección y Residencia, para hacer cumplir los criterios y concepción original de la obra, canalizando las necesidades que surjan de modificaciones del proyecto o nuevas especificaciones, prestando asesoría en los requerimientos de información. (Calidad y Productividad, 1990: s/p.).



### **3.4.19. Tabique**

Pared que no cumple función estructural sino la de dividir o limitar espacios (Norma Venezolana Covenin 2004-98, s/f).

### **3.4.20. Viga**

Miembro estructural utilizado principalmente para resistir momento de flexión, momento de torsión y fuerza cortante (Norma Venezolana Covenin 1753-06, s/f).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

El marco metodológico define el proceso a través del cual el investigador plantea la estrategia utilizada en el estudio, como forma de abordar el problema de la investigación, que se traduce en un procedimiento organizado y permite identificar los pasos que se ejecutaron para fundamentar la investigación.

Según Hernández, R (2003) “el marco metodológico está referido al momento que alude al proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos; a propósito de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de los conceptos teóricos convencionalmente operacionalizados”. (p.72).

Luego de plasmar las preguntas de la investigación, el aspecto metodológico viene determinado por el objetivo general y los objetivos específicos, además de los aspectos a través de los cuales se guiaron los procedimientos para dar el tratamiento de la información y así lograr dar respuestas a las interrogantes que darán respuestas a dichos objetivos.

#### **4.1.- Tipo de investigación**

Esta investigación es de tipo descriptiva y evaluativa. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades y sus características fundamentales que es precisamente la de prestar una interpretación correcta.

Arias, F (2006), define la investigación descriptiva: “como aquella que se orienta hacia la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento.” (p.22).

Además, el trabajo de investigación es de tipo cuantitativo, ya que la investigadora procuró determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia a una población de la cual toda muestra procede. Tras el estudio de la asociación o correlación pretende, a su vez, hacer inferencia causal que explique por qué las cosas suceden o no de una forma determinada. Según Sampieri (2010), “...la investigación cuantitativa: debe ser lo más objetiva posible; los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y estructurando (el proceso); se pretende explicar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos y con los estudios cuantitativos se pretende explicar y predecir los fenómenos investigados” (p.12).

Por otro lado, esta investigación también se presenta de tipo evaluativa. Según Sandoval, (2002) la investigación evaluativa: “Se presenta básicamente como un modelo de aplicación de los métodos de investigación para evaluar la eficiencia de los programas de acción. Se hacen necesarios en este tipo de investigación los conocimientos básicos sobre lo que a evaluación se refiere, es decir, a las características, elementos y técnicas de evaluación”. El objeto de esta investigación es en esencia evaluar los diferentes tipos de madera utilizados para encofrados de edificaciones en Ciudad Bolívar-Estado Bolívar; para ello se llevaran a cabo una serie de procedimientos mediante ensayos de laboratorio, comparando los resultados obtenidos en dicho laboratorio y a través de procedimientos sencillos de cálculos, todo ello con la finalidad de analizar técnicamente los diferentes tipos de madera para encofrados de edificaciones en Ciudad Bolívar-Estado Bolívar.



## 4.2.- Diseño de la investigación

La investigación estuvo apoyada en un diseño documental, de campo y experimental, por cuanto estos diseños de investigación permiten no solo observar, sino también participar mediante ensayos para recolectar los datos directamente del lugar para posteriormente analizar e interpretar los resultados de dicha investigación, cortearlo en libros, documentos, entre otros.

Para Alexis Pérez (2004), “la investigación de campo, el investigador recoge la información directa de la realidad. Está referida en fuentes primarias, y los datos se obtienen a través de la aplicación de técnicas de recolección de datos...” (p. 19).

Según el autor (Fidias G. Arias (2012), define: la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas, como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos (p. 25).

Según el autor (Santa palella y feliberto Martins (2010)), define: el diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa. (pag.86)

### **4.3.- Población y muestra**

#### **4.3.1 Población**

Para Hurtado y Toro (2001), la población o universo se refiere al conjunto para el cual fueron válidas las conclusiones que se obtengan, es decir, a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) que se van a estudiar.

A los efectos de éste estudio se consideró como población a 8 modelos, de los cuales 4 son trozos de tipo de madera moreillo y cuatro de pino, a los cuales se les aplicará el estudio de laboratorio.

#### **4.3.2 Muestra**

Dado que la población en estudio es pequeña no se realizará muestreo por lo que se tomó el 100 por ciento de los sujetos, es decir, la totalidad de la población.

Hernández citado por Castro, M (2003), expresa que "si la población es menor a cincuenta (50) individuos o modelos, la población es igual a la muestra" (p.69). ". Lo anterior fundamentará la viabilidad de tal selección. Por tanto, la muestra se constituye en 8 modelos.

### **4.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos, son definidas por Tamayo, M (1999), como la expresión operativa del diseño de investigación y que específica concretamente como se hizo la investigación. Así mismo Bizquera, R. (1989), define las técnicas como "aquellos medios técnicos que se utiliza para registrar observaciones y facilitar el tratamiento de las mismas" (p.45).

La técnica empleada para recoger la información en la presente investigación fue ante todo la revisión bibliográfica, debido a que forma parte integral de toda investigación, a objeto de facilitar el desarrollo y comprensión del estudio. Según el manual de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006), define la revisión bibliográfica como: “la acción de explorar libros, revistas y documentos que sirven para el desarrollo total o parcial de la investigación” (p.12).

La obtención de información es una de las etapas más importante del proceso de la investigación, ya que es el fundamento para la definición del problema, planteamiento y elaboración del marco teórico y del informe de resultados.

Dentro de este contexto, otra técnica empleada fue la observación y/o técnica de investigación por excelencia; es el principio y la validación de toda teoría científica. La investigación nace se desarrolla y culmina con la observación. La observación incluye desde procedimientos informales, como la observación casual hasta los más sistematizados, como los procedimientos experimentales.

La observación directa, según Tamayo y Tamayo (2003), “es aquella en el cual el investigador puede recoger los datos mediante su propia observación” (p. 48). La observación directa consistió en recoger información con el fin de analizar las propiedades físico-mecánicas de los diferentes tipos de madera mediante ensayos empíricos y de ésta manera poder demostrar la dureza, la densidad, el contenido de humedad y las imperfecciones de los tipos de madera estudiadas en el proceso de investigación para ser utilizadas en encofrados de edificaciones.



#### 4.5.- Flujograma de la investigación

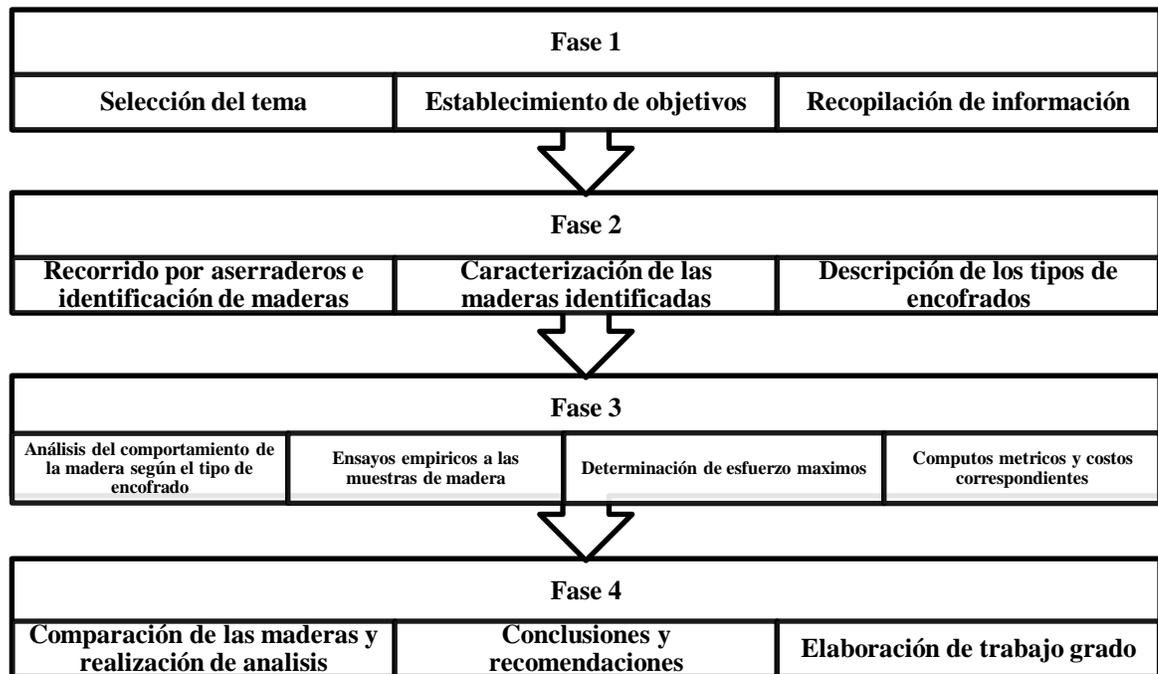


Fig. 4.1. Flujograma de la metodología de la investigación.

Se realizó la selección del tema tomando en cuenta la importancia de un encofrado en la construcción de edificaciones y considerando como la diversidad de la madera, comportamiento y costos repercuten de gran manera en el proyecto. A través de esto, se establecieron los objetivos que cumplieran con las expectativas del mismo, luego se procedió a la recopilación de la información por medio de bibliografías referentes al tema de la madera, sus ventajas y desventajas, las actualmente vedadas debido a que su explotación produce un impacto ambiental y revisiones de internet para complementar la información necesaria expuesta en el marco teórico. Luego los pasos a realizar fueron los siguientes:

Se realizó un recorrido por los diferentes aserraderos de la ciudad, con el fin de identificar los tipos de madera utilizados en la construcción para encofrados, para luego recopilar la información referente a sus características.

Se describieron los tipos de encofrados más comunes en las edificaciones para analizar el comportamiento que tendría la madera a la hora de realizar el vaciado en cada uno de ellos.

Se realizaron ensayos de manera empírica a dos tipos de madera diferentes para determinar su esfuerzo máximo y comparar su flexibilidad. Se procedieron a realizar los cálculos métricos del encofrado (tablones y travesaños) de una columna y de una viga, realizados con la madera identificada de mayor demanda para así conocer la cantidad de madera necesaria, garantizar la rigidez y comparar dichos cálculos y costos con los encofrados de los mismos elementos pero con madera estándar.

Los materiales a utilizar fueron los siguientes:

1. Nivel
2. Cinta métrica
3. Muestras de madera pino
4. Muestras de madera moreillo
5. Pesas
6. Peso electrónico
7. Base de dos apoyos
8. Recipiente con asa para cargar las pesas



Figura 4.2. Materiales a utilizar en los ensayos.

Los pasos a seguir de los ensayos a las maderas fueron los siguientes:

- 1) Se estableció la base de dos apoyos buscando estabilidad de la estructura sobre un piso y se usó el nivel tanto en los apoyos como en el piso para chequear el equilibrio.



Figura 4.3. Estructura de apoyo y Nivelación.



- 2) Se procedió a la disposición sobre la estructura de ambos apoyos una muestra de madera de dimensiones 2cm de ancho, 30 cm de largo y espesor de 0,5cm (funcionando como una viga simplemente apoyada). Dicha disposición se repitió 8 veces:

Modelo 1-2-3-4: madera moreillo de dimisión (2x30x0,5)cm

Modelo 5-6-7-8: madera pino de dimensión (2x30x0,5)cm

- 3) Con cada una de las muestras de madera dispuestas para los ensayos se procedió a colocar el peso en el centro de esta, para proceder a colgar el recipiente.



Figura 4.4. Centrado de carga puntual.

- 4) Se introdujeron pesas de 5lb y al llegar a 15Lb se procedió a realizar la medición de la deflexión ocasionada en la muestra, lo cual se hacía midiendo la distancia existente desde el centro de la muestra sometida a cargas a el centro de una muestra sin alterar que era colocada sobre la muestra cargada.

- 5) Se continuó añadiendo pesas de 5lb, hasta llegar al momento de falla de la muestra.

Las fórmulas utilizadas para los cálculos luego de realizados los ensayos a las maderas, se presentan a continuación:

- ❖ Carga de rotura promedio ( $\tilde{P}$ )

$$\tilde{P} = \frac{\sum P}{4} \quad (4.1)$$

Donde:

P= Carga de rotura

- ❖ Módulo de sección de un elemento rectangular (Ssec)

$$Ssec = \frac{b \times (h)^2}{6} \quad (4.2)$$

Donde:

b= Base del elemento

h= Altura del elemento

- ❖ Esfuerzo máximo a flexión o esfuerzo máximo admisible

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{S_{\text{sec}}} \quad (4.3)$$

Donde:

$M_{\max}$ = Momento máximo

$S_{\text{sec}}$ = Módulo de sección del elemento

Para los cálculos métricos las siguientes formulas permiten calcular los volúmenes de madera requeridos para los tablonos y travesaños del encofrado de una columna y una viga.

- ❖ Volumen de madera de los tablonos para el encofrado de una columna ( $V_{Tc}$ )

$$V_{Tc} = (A1 - A2) \times H \quad (4.4)$$

Donde:

$A1$ = Área de la columna (vista de planta) incluyendo los tablonos del encofrado

$A2$ = Área de la columna

$H$ = Altura de la columna

- ❖ Longitud de cada zona de la columna ( $L_z$ )

$$L_z = \frac{L}{3} \quad (4.5)$$



Donde:

L= longitud de la columna

❖ Cantidad de travesaños en la zona superior (Tzs)

$$Tzs = \frac{Lz}{S''} \quad (4.6)$$

Donde:

Lz= Longitud de la zona superior de la columna

S'' = Separación entre travesaños en la zona superior de la columna

❖ Cantidad de travesaños en la zona media (Tzm)

$$Tzm = \frac{Lz}{S'} \quad (4.7)$$

Donde:

Lz= Longitud de la zona media de la columna

S'' = Separación entre travesaños en la zona media de la columna

❖ Cantidad de travesaños en la zona inferior (Tzi)

$$Tzi = \frac{Lz}{S} \quad (4.8)$$

Donde:

Lz= Longitud de la zona inferior de la columna

S'' = Separación entre travesaños en la zona inferior de la columna

- ❖ Cantidad de travesaños totales para el encofrado de una columna cuadrada (Tc)

$$Tc = (Tzs + Tzm + Tzi) \times 4 \quad (4.9)$$

Donde:

Tzs= Cantidad de travesaños en la zona superior de la columna

Tzm= Cantidad de travesaños en la zona media de la columna

Tzi= Cantidad de travesaños en la zona inferior de la columna

- ❖ Volumen de un travesaño (Vt)

$$Vt = b \times a \times l \quad (4.10)$$

Donde:

B= base del travesaño

A= altura del travesaño

L= longitud del travesaño

- ❖ Volumen de travesaños para el encofrado de una columna ( $V_{tc}$ )

$$V_{tc} = T_c \times V_t \quad (4.11)$$

Donde:

$T_c$ = Cantidad de travesaños totales para el encofrado de una columna cuadrada

$V_t$ = Volumen de un travesaño

- ❖ Volumen de madera para el encofrado de una columna ( $V_{mc}$ )

$$V_{mc} = V_{Tc} + V_{tc} \quad (4.12)$$

Donde:

$V_{Tc}$ = Volumen de madera de las tablas para el encofrado de una columna

$V_{tc}$ = Volumen de travesaños para el encofrado de una columna

- ❖ Volumen de madera de los tablones para el encofrado de una viga ( $V_{Tv}$ )

$$V_{Tv} = (A_1 - A_2) \times L \quad (4.13)$$



Donde:

A1= Área de la sección transversal de la viga incluyendo los tablonés del encofrado

A2= Área de la sección viga

L= Longitud de la viga

- ❖ Cantidad de travesaños requeridos para el encofrado de una viga de sección rectangular (Tv)

$$T_v = \frac{L}{S} \times 4 \quad (4.14)$$

Donde:

L= Longitud de la viga

S= Separación entre travesaños en toda la longitud de la viga

- ❖ Volumen total de travesaños requeridos para el encofrado de una viga rectangular (Vtv)

$$V_{tv} = \frac{T_v}{2} \times V_{tb} + \frac{T_v}{2} \times V_{th} \quad (4.15)$$

Donde:

$T_v$ = Cantidad de travesaños para el encofrado de una viga

$V_{tb}$ = Volumen de un travesaño en sentido de la base de la sección de la viga

$V_{th}$ = Volumen de un travesaño ubicado en sentido de la altura de la sección de la viga

❖ Volumen total de la madera para el encofrado de una viga

$$V_{mv} = V_{T_v} + V_{t_v} \quad (4.16)$$

Donde:

$V_{T_v}$ = Volumen de madera de los tablonés para el encofrado de una viga

$V_{t_v}$ = Volumen de travesaños requeridos para el encofrado de una viga rectangular

## **CAPÍTULO V**

### **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1. Identificar los tipos de madera utilizadas en la construcción de edificaciones en Ciudad Bolívar-Estado Bolívar.**

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un recorrido por varios aserraderos de la zona. El único aserradero que actualmente está funcionando y dispone de maderas para la construcción de edificaciones es el aserradero El Cristo, ubicado en la calle del Carmen de Cañafístula I, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. Así pues, en éste aserradero se acudió a los trabajadores tanto de la oficina de venta como a los encargados del cuidado y manejo de las maderas del establecimiento, coincidiendo ambas partes que para encofrados, la madera más comercializada es la madera de pino caribe. En dicho aserradero aparte de la madera de pino solo tenían disponible para construcción, moreillo. En este sentido quedan identificadas como maderas más utilizadas en la construcción de edificaciones en Ciudad Bolívar- Estado Bolívar, la madera pino Caribe y moreillo.

A continuación se presentan las características de estos dos tipos de madera así como de otros también utilizados en la construcción de edificaciones, y se expone con mas detalles las del Pino Caribe ya que esta es la de mayor demanda para fines de encofrado en la zona y cuya producción es la que principalmente abastece a los aserraderos del país.

##### **5.1.1 Pino Caribe**

1. Rápido crecimiento, permite la rotación de plantaciones entre cada 10 a 20 años.



2. 60% de la madera es de calidad óptima (leño duro).
3. Es sumamente liviana y sencilla de transportar.
4. Fácil de aserrar por su baja densidad.
5. Acepta tanto trabajo manual como mecanizado.
6. Alta absorción de preservantes hidrosolubles por presión.
7. Baja durabilidad si no es tratada correctamente con los preservantes.
8. Alabeos por contracción longitudinal.
9. Buen secado al aire libre y excelente al horno.
10. Madera proveniente de plantaciones de desarrollo sostenible, lo cual garantiza su continua disponibilidad en grandes volúmenes sin generar impacto biológico.
11. Alta capacidad de industrialización por parte de aserrados.

### **5.1.2 La madera de Pino Caribe en Venezuela y otras especies**

De las más de 140 especies de maderas que actualmente están en capacidad de explotación, solo 12 de ellas representan el 85% de la producción, esto trae un marcador negativo para el país y el desarrollo del material en cuanto a la subutilización de las riquezas forestales. Según datos arrojados por estudios del ambiente “para 1998 el pino caribe con 49.59%, saqui saqui con 7.46%, samán con 8,03%, moreillo 4.33%, drago con 1.87% y jobo con 1.60%. La producción de pino caribe ocupa el primer lugar desde 1991 desplazando al samán y el saqui-saqui, especies que habían sido antes muy utilizadas. En síntesis, se puede indicar que tras el inicio de la producción de pino caribe en 1989, esta especie aportó un paso de 10,54% a 70,73% del aporte al consumo hasta el año 1999, dominando actualmente la oferta interna y surgiendo buenas posibilidades de desarrollo de exportación.



Figura 5.1 Plantaciones de Pino Caribe al sur de Monagas. (Venezuela Vive, 2001)

Actualmente el pino Caribe sigue ocupando el primer lugar de producción maderera en el país y se siguen realizando plantaciones del mismo.

“Al cierre de 2017, la empresa estatal Maderas del Orinoco destacó la consolidación de 9.746 hectáreas de Pino Caribe en los estados Monagas, Anzoátegui y Bolívar, donde se plantaron 12,1 millones de plántulas de esta especie de alto valor maderero.”

#### **5.1.2.1 Moreillo**

Llamada también aurora rosada. Madera semi-dura de fibra regularmente compacta. Viene aserrada en variables dimensiones. Se utiliza para costillas, carreras, codales y otros, no se recomienda utilizarla en tablas, ya que se dificulta el clavado y tiende a rajarse y alabearse fácilmente.

### **5.1.2.2 Mijao**

Madera basta, de fibra plástica y esponjosa, muy repelosa, que tiende a deformarse fácilmente y producir alabeos. Se recomienda únicamente en aquellos trabajos toscos y que su empleo sea para una sola vez. Es de inferior calidad que la Ceiba. Viene aserrada en 3 cm. de grueso, varios anchos y largos. No reúne las condiciones necesarias. Se utiliza por su bajo costo.

### **5.1.2.3 Algarrobo**

Una de las principales cualidades de la madera del algarrobo es su durabilidad natural sin la utilización de inmunizantes. Por esta razón es muy resistente a las inclemencias del clima, como la humedad y los ataques de hongos e insectos. En cuanto a su secado, se recomienda hacerlo en hornos industriales, debido a que si se realiza al aire libre, puede agrietarse.

En cuanto a su manejo, es moderadamente difícil ya que es una madera muy densa, no obstante con cuchillas bien afiladas o sierras estelitadas se pueden obtener buenos resultados. También se deja doblar al vapor. Durante el proceso de inmunización la albura tiene muy buena absorción y retención, mientras que el duramen no permite una buena penetración. Es una madera apta para ser utilizada en otros usos tales como construcciones civiles, vigas y durmientes para ferrocarril, piezas curvadas al vapor y mucho más.

### **5.1.2.4 Cedro, Pardillo o Caoba**

Estas maderas a lo largo de los años en nuestro país se usaron muchos para los trabajos de mueblería y carpintería, actualmente estas maderas se encuentran en protección o prohibido su corte.



### **5.1.2.5 Ceiba o saqui saqui**

Madera fina y sin repelo, de fibra regularmente abierta, que la hace ser blanda. Conserva gran cantidad de humedad en su interior, lo que evita que al recibir la humedad del concreto se deforme y pueda aprovecharse varias veces. Viene aserrada en tablas de 2,5 cm de espesor y de longitudes y anchos variables. Reúne todas las condiciones requeridas para tableros y todo tipo de formaletas.

Sin embargo de estos tipos de madera, se encuentran en el listado de especies de árboles vedadas o con normas sobre aprovechamiento especial cuatro de ellas; el cedro, caoba, pardillo y saqui-saqui, debido a la gran demanda y desencadenada explotación sin reforestación, según el Ministerio del Poder popular para el Ambiente.

## **5.2 Describir los diferentes tipos de encofrado de edificaciones**

La construcción de edificaciones e incluso de cualquier otra obra civil que implique el vaciado de concreto requiere la realización de encofrados de diversos elementos estructurales. Los encofrados se clasifican por lo general, de acuerdo a la orientación que presenten en la obra civil o según el tipo material que los componen, sin embargo, la presente investigación considera únicamente los encofrados de madera por lo que la clasificación que a continuación se presenta es de acuerdo a la orientación éstos.

### **5.2.1 Tipos de encofrado de edificaciones**

1. Horizontales: destinado al encofrado de vigas, forjados, losas y otros.
2. Verticales: destinado al encofrado de muros, pilares, pilas y otros.

### **5.2.1.1 Encofrados horizontales**

El encofrado horizontal para losas y forjados es una estructura provisional auxiliar, compuesta por una serie de elementos y componentes prefabricados metálicos (acero, aluminio) así como de madera que, unidos de forma solidaria, conforman un dispositivo que permite sostener y moldear el hormigón fresco hasta que endurezca y adquiera la resistencia adecuada. Se emplean habitualmente en la construcción de forjados “in situ”, que pueden ser unidireccionales o bidireccionales, tanto en edificación como en obra civil.

La acción principal a soportar por este tipo de encofrado es la del peso del elemento de hormigón a construir sobre él. A esto se le suman las correspondientes sobrecargas de construcción que producen los operarios, la maquinaria, los medios auxiliares, los eventuales acopios de materiales y cualquier otra que también pueda actuar sobre el encofrado.

### **5.2.1.2 Encofrados verticales**

Son aquellos que se emplean en la construcción de pilares y/o muros rectos o curvos “in situ” tanto en edificación como en otras obras civiles.

Están formados por paneles generalmente recuperables de encofrado con la superficie encofrante de madera y en algunos casos de acero, soportada por unos bastidores de acero, o por vigas de madera y/o acero unidas entre sí. Estos paneles pueden ser estandarizados o “a medida”. En general son a dos caras, aunque en determinadas circunstancias deben realizarse a una cara. En estos encofrados se emplean además de la madera, otros materiales como acero, cartón plastificado, polímero y fibra de vidrio.

Dentro de los encofrados hechos con madera se pueden conseguir entre otros, los siguientes:

1. Encofrado para columnas
2. Encofrado para viga
3. Encofrado para losa
4. Encofrado para cimiento
5. Encofrado para muro

A continuación se describen los procesos a desarrollar para la realización de cada uno de estos.

❖ **Encofrados para columnas:** para armar el encofrado de las columnas, debe colocarse inicialmente un planchón de base.

1. Luego armar tableros laterales.
2. Asegurar y fijar con mordazas.
3. Finalmente se colocan riostras para estabilizar el encofrado.

❖ **Encofrados para vigas:**

1. Se colocan las bases sobre las que se va a apoyar todo el sistema del encofrado.
2. Se levantan los pies derechos o puntales asegurándolos y fijándolos por medio de cuñas a la base y por medio de riostras entre sí.
3. Se colocan a la altura indicada los cabezales asegurándolos con tornapuntas.
4. Sobre estos se coloca el fondo de la viga, base del elemento a fundir.



5. Se colocan los tableros laterales fijándolos con puntillas y asegurándolos con travesaños y puntales.

❖ **Encofrados para losas:**

1. En este tipo de encofrados, la distancia entre las viguetas depende del espesor del molde y el peso de la losa.
2. Las tablas del molde se colocan en dirección paralela a la dimensión mayor de la losa, alternando las juntas transversales para evitar que queden en una línea.
3. Se enlazan las vigas con los puntales, elevando el conjunto a la altura indicada.
4. Se asegura y arriostra el conjunto.
5. Se colocan las viguetas a distancias iguales, empleando las cuñas por debajo de los puntales para lograr la altura correcta, nivelando con un hilo tenso.
6. Se fijan los elementos de enlace y arriostramiento, asegurando cada unión mediante dos clavos.
7. Por último, se colocan las tablas para el molde, con tan pocos clavos como sea posible.

❖ **Encofrados para cimientos:**

1. Utilizando un hilo que indica el eje del cimiento, se colocan las estacas por parejas en el suelo, hincándolas 35 cm. Aproximadamente. Las distancias deben corresponder con los de las chapetas de los laterales de la viga.
2. Se introducen los tableros exteriores.

3. Se funde el fondo preparatorio.
4. Se acoplan las estacas con las tablas, el lado inferior de las cuales debe corresponder con el superior de la viga a fundir, indicando el eje del cimiento sobre esta tabla.
5. Midiendo del eje se colocan los tableros A que serán apoyados por los refuerzos.

❖ **Encofrados para muros:**

1. Primero se coloca el tablero interior del encofrado.
2. Se colocan las tablas del molde horizontalmente para evitar pérdidas de la lechada.
3. Se colocan los elementos verticales sobre la base del tablero uniéndolos temporalmente.
4. Se fijan las tablas horizontales del molde utilizando un clavo por cada enlace, verificando la verticalidad y arriostrando con las diagonales.
5. Se introduce la armadura metálica.
6. Se coloca el tablero exterior del encofrado, se verifica el espesor midiendo la distancia entre el tablero exterior y el interior.
7. Por medio de los refuerzos horizontales, sostenidos por las chapetas y empleando tornillos especiales se fijan ambas partes de forma sólida.

**5.3. Analizar el comportamiento de la madera en los diferentes tipos de encofrado de edificaciones**

La madera se comporta de manera diferente dependiendo del tipo de encofrado que se vaya a realizar, en el caso de las edificaciones se presentan tres tipos de encofrados principales que son las losas, vigas y columnas.

El encofrado de las columnas, es uno de los más complejos, la presión que ejerce el concreto es mayor a medida que se encuentra más cerca del pie de la columna por lo que la separación entre travesaños puede ser diferente por zonas, pero siempre debe existir un mayor número de travesaños a medida que se desciende al pie de la columna. Es decir, la separación a la cual se deben colocar los travesaños es menor en la zona inferior de la columna en comparación a la de los travesaños en el resto de la columna por lo que implica más cálculos para garantizar la rigidez de la madera y evitar su deformación.

Cuando se habla de vigas, debido a que es una estructura horizontal, se deben considerar todas las variables que resulten implicadas en la determinación de la cantidad de puntales para que la madera de los tablones no vaya a deformarse, en este caso debido a que el concreto ejerce la misma presión en toda la longitud de la viga, la distancia de separación entre puntales es constante en toda la viga.

Es importante conocer el comportamiento de la madera en cada tipo de encofrado para poder realizar los cálculos y analizar las medidas necesarias para evitar que la madera se deforme al momento de verter el concreto, ya que, tal deformación sería causante de malos acabados en la estructura, grietas e impediría su reutilización, entre otras desventajas.

A continuación se presentan los cálculos métricos para el caso del encofrado de una columna y una viga, considerando madera y secciones de dimensiones estándar, tales cálculos demuestran la diferencia existente en los cálculos aplicados según el tipo de encofrado, sobretodo en el número de travesaños debido al diferente comportamiento de la madera.



### 5.3.1 Para una columna, considerando:

Sección de la columna= 0,30m x0, 30m

Altura de la columna (H)= 3m

Espesor de la tabla= 0,025m

#### 5.3.1.1 Volumen de madera de los tablonces para el encofrado de una columna según ecuación 4.4

$$VTc = \{(0,35m \times 0,35m) - (0,30 \text{ m} \times 0,30m)\} \times 3m = 0,0975 \text{ m}^3 \quad (5.1)$$

#### 5.3.1.2 Longitud de cada zona de la columna según ecuación 4.5

$$Lz = \frac{3}{3} = 1m \quad (5.2)$$

#### 5.3.1.3 Cantidad de travesaños en la zona superior según la ecuación 4.6

$$Tzs = \frac{1m}{0,60m} = 1,67 \approx 2 \text{ travesaños} \quad (5.3)$$

#### 5.3.1.4 Cantidad de travesaños en la zona media según la ecuación 4.7

$$Tzm = \frac{1m}{0,50m} = 2 \text{ travesaños} \quad (5.4)$$

#### 5.3.1.5 Cantidad de travesaños en la zona inferior según la ecuación 4.8

$$Tzi = \frac{1m}{0,40m} = 2,5 \approx 3 \text{ travesaños} \quad (5.5)$$

**5.3.1.6 Cantidad de travesaños totales para el encofrado de una columna cuadrada según la ecuación 4.9**

$$T_c = (2+2+3) \times 4 = 28 \text{ travesaños} \quad (5.6)$$

**5.3.1.7 Volumen de un travesaño según la ecuación 4.10**

$$V_t = 0,05\text{m} \times 0,025\text{m} \times 0,45\text{m} = 0,0005625\text{m}^3 \quad (5.7)$$

**5.3.1.8 Volumen de travesaños para el encofrado de una columna según la ecuación 4.11**

$$V_{tc} = 28 \text{ travesaños} \times 0,0005625\text{m}^3 = 0,01575 \text{ m}^3 \quad (5.8)$$

**5.3.1.9 Volumen de madera para el encofrado de una columna según la ecuación 4.12**

$$V_{mc} = 0,0975 \text{ m}^3 + 0,01575 \text{ m}^3 = 0,11325 \text{ m}^3 \quad (5.9)$$

**5.3.2 Para una viga, considerando:**

Sección de la viga= 0,20m x 0,30m

Longitud de la viga (L)= 3m

Espesor del tablón= 0,025m

Separación entre travesaños= 0,50m

**5.3.2.1 Volumen de madera de las tablas para el encofrado de una viga según la ecuación 4.13**

$$VT_v = ((0,25 \times 0,325) - (0,20 \times 0,30)) \times 3m = 0,06375 m^3 \quad (5.10)$$

**5.3.2.2 Cantidad de travesaños requeridos para el encofrado de una viga de sección rectangular según la ecuación 4.14**

$$T_v = \frac{3m}{0,50} \times 4 = 24 \quad (5.11)$$

**5.3.2.3 Volumen total de travesaños requeridos para el encofrado de una viga rectangular según la ecuación 4.15**

$$V_{tv} = \frac{24}{2} \times 0,0004375m^3 + \frac{24}{2} \times 0,00053125m^3 = 0,011625 m^3 \quad (5.12)$$

**5.3.2.4 Volumen total de la madera para el encofrado de una viga según la ecuación 4.16**

$$V_{mv} = 0,06375 m^3 + 0,011625 m^3 = 0,075375 m^3 \quad (5.13)$$

**5.4. Analizar técnico-económicamente los diferentes tipos de madera para encofrados de edificaciones en Ciudad Bolívar-Estado Bolívar**

Para proceder al análisis técnico-económico se requiere, entre otros valores, de los datos experimentales obtenidos en los ensayos por lo que a continuación se presentan los resultados de los mismos, es decir, las cargas de rotura alcanzadas y los



valores de deflexión para una misma cantidad de carga de ambos tipos de madera producidos en las vigas simplemente apoyadas.

De los ensayos al Moreillo se obtuvo:

Tabla 5.1. Comportamiento de los 4 Modelos Vs. Deflexión de Moreillo

<b>Modelo</b>	<b>Deflexión (cm) con 6,80 Kg. de carga</b>
1	0,7
2	0,8
3	0,7
4	0,8

Tabla 5.2. Comportamiento de los 4 Modelos Vs. Carga de Rotura de Moreillo

<b>Modelo</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>
1	16,68
2	14,41
3	16,68
4	16,68



Figura 5.2. Cambio de peso, variación en la deflexión en Moreillo.



Figura 5.3. Muestras después de alcanzar las cargas de rotura en Moreillo.

De los ensayos al Pino se obtuvo:

Tabla 5.3. Comportamiento de los 4 Modelos Vs. Deflexión de Pino

<b>Modelo</b>	<b>Deflexión (cm) con 6,80 Kg. de carga</b>
1	1,5
2	1,1
3	1,3
4	1



Figura 5.4. Midiendo deflexión en una muestra de pino.



Tabla 5.4. Comportamiento de los 4 Modelos Vs. Carga de Rotura de Pino

<b>Modelo</b>	<b>Carga de rotura (Kg)</b>
1	14,41
2	15,54
3	14,41
4	14,41



Figura 5.5. Cambio de peso, variación en la deflexión en Pino.



Figura 5.6. Muestras después de alcanzar las cargas de rotura en Pino.

Los valores de las cargas de rotura permitieron desarrollar los cálculos correspondientes para obtener el esfuerzo máximo producido en la viga, así pues, se detallan en los siguientes cálculos la obtención de tal esfuerzo para las maderas en estudio.

#### 5.4.1 Cálculos correspondientes a los ensayos de madera pino

##### 5.4.1.1 Promedio de carga de rotura según ecuación 4.1

$$\tilde{P}_{\text{pino}} = \frac{14,41 + 15,54 + 14,41 + 14,41}{4} = 14,69\text{Kg} \quad (5.14)$$

##### 5.4.1.2 Cálculo de las reacciones en la viga

Momento en A

$$M_A = 0$$

$$-14,69\text{kg} \times (15\text{cm}) + 30B_y = 0$$

$$B_y = 6,945\text{kg}$$

##### 5.4.1.3 Sumatoria de fuerzas

$$+\uparrow F_y = 0$$

$$A_y + 7,345\text{kg} - 14,69\text{kg} = 0$$

$$A_y = 7,345\text{kg}$$

#### 5.4.1.4 Módulo de sección según ecuación 4.2

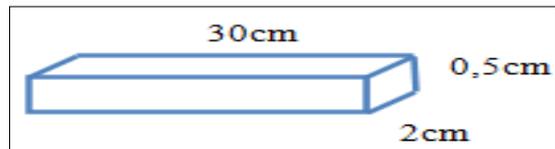


Figura 5.7. Sección de la viga

$$S_{\text{sec}} = \frac{2\text{cm} \times (0,5\text{cm})^2}{6} = 0,083\text{cm}^3$$

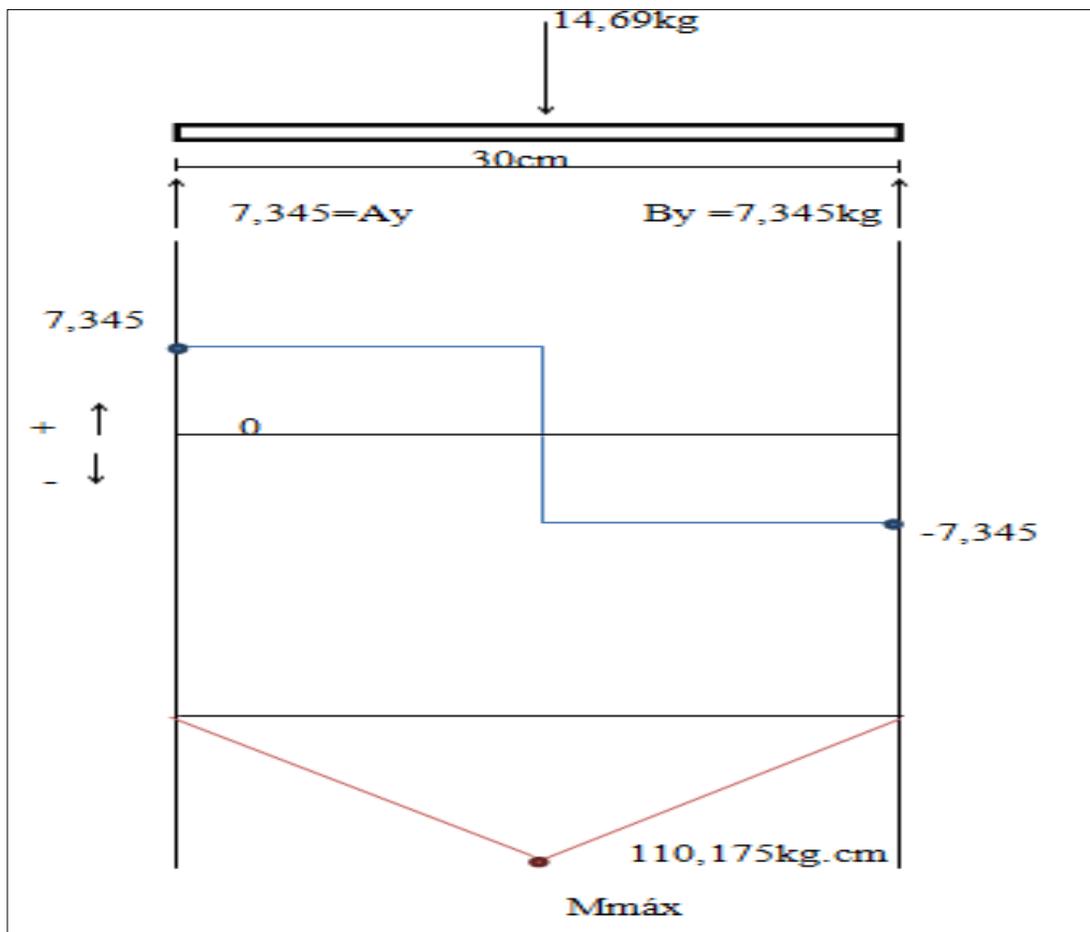


Figura 5.8. Diagrama de corte y momento flector para pino



#### 5.4.1.5 Esfuerzo máximo según ecuación 4.3

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{110,175 \text{ kg.cm}}{0,083 \text{ cm}^3} = 1327,41 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad (4.15)$$

#### 5.4.2 Cálculos correspondientes a los ensayos de madera moreillo

##### 5.4.2.1 Promedio de carga de rotura de acuerdo la ecuación 4.1

$$\tilde{P}_{\text{moreillo}} = \frac{16,68+14,41+16,68+16,68}{4} = 16,11\text{Kg} \quad (5.16)$$

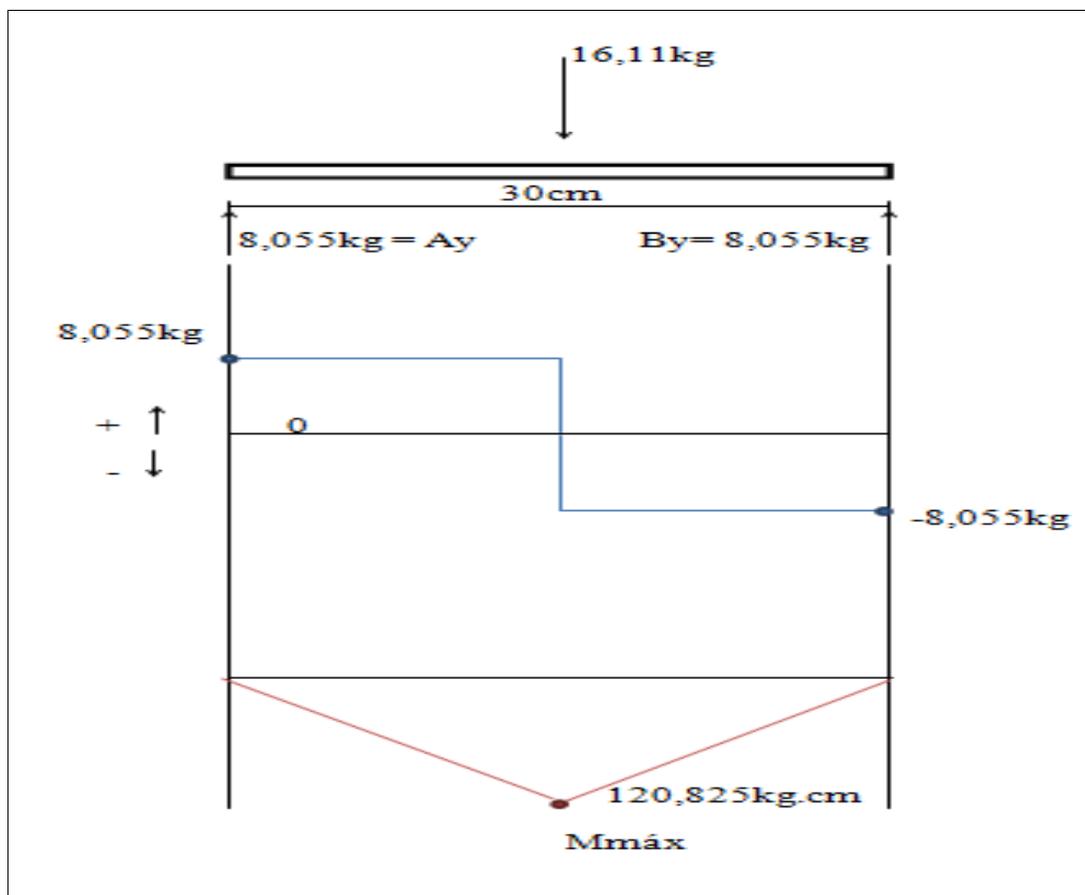


Figura 5.9. Diagrama de corte y momento flector para moreillo

#### 5.4.2.2 Módulo de sección según ecuación 4.2

$$S_{sec} = 0,083 \text{ cm}^3 \quad (5.17)$$

#### 5.4.2.3 Esfuerzo máximo de acuerdo la ecuación 4.3

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{120,825 \text{ kg.cm}}{0,083 \text{ cm}^3} = 1455,72 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad (5.18)$$

Los datos obtenidos mediante los ensayos y los resultados de los cálculos desarrollados demuestran que la madera de moreillo en los modelos utilizados mantuvo una deflexión de valores entre 0,7 y 0,8 centímetros, llegando a alcanzar en promedio una carga de rotura de 16,11 kg, mientras que los modelos de la madera de pino, para la misma carga que fueron sometidos los modelos de moreillo como fue explicado en la metodología, reflejó valores de deflexión entre 1 y 1,5 centímetros y la carga de rotura en promedio fue de 14,69 kg.

El pino ante una misma carga se deforma más que el moreillo, la carga de rotura del moreillo se da en un peso superior al pino, no deflexiona tanto y al momento de romper es inmediato, mientras que el pino rompe a un peso superior pero su deformación es mayor antes de la rotura.

La existencia de un pequeño margen de diferencias entre cuatro trozos de madera de un mismo grosor, longitud y espesor siendo de la misma especie, puede acreditarse a fibras internas en la estructura de la madera.

Diversos autores coinciden en que la madera Moreillo, es una madera semidura de fibras regularmente compactas, utilizada para gulas, parales, largueros, tornapuntas y otros y no recomendada para tablas, ya que se dificulta el clavado y tiende a rajarse fácilmente.

La selección de una madera u otra presenta ventajas y desventajas, las cuales vienen determinadas por el módulo de elasticidad, la trabajabilidad, la dureza, soporte de carga y la humedad de la madera, entre otras propiedades que se pudiesen involucrar.

El pino resulta más trabajable a la hora de utilizar clavos para fijar los encofrados que el moreillo, ya que una madera muy dura para ser empleada en encofrados no es conveniente, porque si bien la dureza puede contribuir a un trabajo más firme, la madera se astilla con facilidad debido a su dureza.

El pino rompió con menor peso que el moreillo, constatándose que el módulo de elasticidad de pino es inferior al del moreillo. El pino cuando soporta una carga no la resiste de manera firme, lo que provoca deformaciones con facilidad, siendo en este sentido, una desventaja al usarlo en encofrado. El pino se puede emplear para encofrado por diversas razones que resultan ventajosas como se ha mencionado ya, sin embargo, será beneficioso en la medida en que se le de tratamiento adecuado, cumpliendo con las normas necesarias para garantizar su rigidez puesto que después de deformado el pino difícilmente vuelve a su estado original, es decir, la deformación quedará tal y como quedó en su última utilización. Por ejemplo en el caso de elaboración de columnas, que son trayectos largos, colocarle suficiente travesaños que contribuyan a la firmeza de la estructura.

El pino debido a las características anteriormente mencionadas debe ser trabajado en encofrados con más cuidado, en este caso podemos aumentar el espesor



de los tablonos para que soporte las cargas y aumentar el número de elementos rigidizadores que van a evitar su deformación y a contribuir en el aumento o conservación de la vida útil del encofrado.

### **5.4.3 Para una columna, considerando:**

Sección de la columna= 0,30m x0, 30m

Altura de la columna (H)= 3m

Espesor del tablón= 0,03m

#### **5.4.3.1 Volumen de madera de los tablonos para el encofrado de una columna**

$$VTc = \{(0,36 \times 0,36) - (0,30 \times 0,30)\} \times 3m = 0,1188 \text{ m}^3$$

#### **5.4.3.2 Longitud de cada zona de la columna**

$$Lz = \frac{3}{3} = 1m$$

#### **5.4.3.3 Cantidad de travesaños en la zona superior**

$$Tzs = \frac{1m}{0,50m} = 2 \text{ travesaños}$$

**5.4.3.4 Cantidad de travesaños en la zona media**

$$T_{zm} = \frac{1m}{0,40m} = 2,5 \approx 3 \text{ travesaños}$$

**5.4.3.5 Cantidad de travesaños en la zona inferior**

$$T_{zi} = \frac{1m}{0,30m} = 3,33 \approx 4 \text{ travesaños}$$

**5.4.3.6 Cantidad de travesaños totales para el encofrado de una columna cuadrada**

$$T_c = (2 + 3 + 4) \times 4 = 36 \text{ travesaños}$$

**5.4.3.7 Volumen de un travesaño**

$$V_t = 0,05m \times 0,025m \times 0,46 = 0,000575 \text{ m}^3$$

**5.4.3.8 Volumen de travesaños para el encofrado de una columna**

$$V_{tc} = 36 \text{ travesaños} \times 0,000575 \text{ m}^3 = 0,0207 \text{ m}^3$$

**5.4.3.9 Volumen de madera para el encofrado de una columna**

$$V_{mc} = 0,1188 \text{ m}^3 + 0,0207 \text{ m}^3 = 0,1395 \text{ m}^3$$

**5.4.4 Para una viga, considerando:**

Sección de la viga= 0,20m x 0,30m

Longitud de la viga (L)= 3m

Espesor de las tablas= 0,03m

Separación entre travesaños= 0,40m

#### **5.4.4.1 Volumen de madera de los tablonos para el encofrado de una viga**

$$VT_v = ((0,26 \times 0,33) - (0,20 \times 0,30)) \times 3m = 0,0774 \text{ m}^3$$

#### **5.4.4.2 Cantidad de travesaños requeridos para el encofrado de una viga de sección rectangular**

$$T_v = \frac{3m}{0,40m} \times 4 = 30$$

#### **5.4.4.3 Volumen total de travesaños requeridos para el encofrado de una viga rectangular**

$$V_{tv} = \frac{30}{2} \times 0,00045m^3 + \frac{30}{2} \times 0,0005375m^3 = 0,0148 \text{ m}^3$$

#### **5.4.4.4 Volumen total de la madera para el encofrado de una viga**

$$V_{mv} = 0,0774 \text{ m}^3 + 0,0148 \text{ m}^3 = 0,0922$$

De los cálculos métricos desarrollados se obtuvo que el volumen de madera requerido para la columna y viga de dimensiones estándar, anteriormente especificadas, es 0,1133 m<sup>3</sup> y de 0,0754 m<sup>3</sup> respectivamente, mientras que para Pino se requiere de un volumen mayor, 0,1395 m<sup>3</sup> y de 0,0922 m<sup>3</sup> respectivamente, ya que para el pino debido a las características, ventajas y desventajas que se han recalado anteriormente, se aumentó el número de travesaños y disminuyó la distancia entre ellos, así como también se aumentó el espesor de la madera. De esta



manera se le otorga la seguridad que necesita la madera pino para cumplir su papel exitosamente en un encofrado.

El pino es muy dócil para trabajar pero requiere más complementos para que funcione satisfactoriamente y eso implica invertir más pero con la ventaja de que un encofrado con pino bien realizado puede volver a utilizarse, en cambio, maderas más duras como lo es el moreillo, a pesar de ser firme, es más costosa que el pino normalmente y puede rajarse con más facilidad, lo que haría imposible su reutilización.

Los aumentos de volumen de madera producidos por el aumento del espesor de las tablas y colocación de más rigidizadores hacen que se incrementen los costos de la obra. Según los cálculos para el encofrado de una viga y/o columna, el volumen requerido de madera de Pino para las tablas y los travesaños es mayor aproximadamente un veintitrés por ciento (23%) al volumen requerido de una madera estándar para el encofrado de los mismos elementos. En este sentido, tal porcentaje al tener una relación directamente proporcional a los costos que están asociados a la madera, como lo son gastos de transporte, mano de obra y los gastos abarcados por los productos y maquinarias de mantenimiento, conlleva al aumento de los costos de estos y por ende el costo del proyecto. Así pues, resulta importante al momento tanto de firmar para llevar a cabo la ejecución de un proyecto según un presupuesto como también a la hora de elaborarlo, considerar de qué manera influirá el 23% de incremento de volumen de madera para tablas y travesaños en el caso de utilizarse Pino en ese proyecto, a fin de poder distinguir ventajas y desventajas de trabajar con maderas diferentes y así poder optar por la opción que resulte más rentable.

La situación actual de la economía en el país ha resultado entre otros problemas, en la inestabilidad de los precios de los diferentes productos comercializados, siendo uno de ellos la madera, los precios establecidos a continuación son referenciales y no contienen IVA, ni ningún tipo de costo asociado

a fin de estimar montos de diferencia en bolívares que se reflejan por parte del aumento de rigidizadores, aumento del espesor de las tablas y diferencia de precio de las maderas.

Costo de 1 m<sup>3</sup> de madera estándar = 25.000.000 Bs

Costo de 1 m<sup>3</sup> de madera Pino = 20.000.000 Bs

Tabla N° 5.5 Volúmenes, precios y porcentajes de diferencia entre las maderas en estudio.

Elemento	m <sup>3</sup> Madera estandar	m <sup>3</sup> Madera Pino	% Dif	Precio (Bs) Madera Estándar	Precio (Bs) Madera Pino	Dif Bs	% Dif
Col	0,1133	0,1395	23,12	2.832.500	2.790.000	42.500	1,52
Viga	0,0754	0,0922	22,28	1.885.000	1.844.000	41.000	2,22

Como se puede observar en la tabla N° 5.5 la diferencia de montos de rigidizadores y tablas para encofrado de una viga y una columna entre madera estándar y madera de pino no son realmente significativos, pero sin duda que al ser parte de cálculos de proyectos de gran tamaño estos montos deberán ser multiplicados por una cantidad de elementos que afectaran y harán notar de una manera más evidente las ventajas y desventajas de utilizar un tipo de madera u otro, sobretodo en el aspecto económico.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Las visitas y consultas en los aserraderos de la ciudad permitieron lograr la identificación de las maderas utilizadas en la construcción de edificaciones, siendo la de mayor producción y venta la madera del pino Caribe, especialmente para las tablas y tablonés de los encofrados
2. Los procedimientos aplicados y los resultados obtenidos permitieron aseverar los estudios previos con respecto al empleo de la madera en encofrado, verificando sus ventajas y desventajas en su empleo y el tratamiento apto de la madera para minimizar posibles fallas en los encofrados.
3. En los encofrados para edificaciones el concreto se comporta y afecta de manera diferente, es por eso la importancia del conocimiento previo sobre la tendencia de la madera en cada tipo de elemento estructural a encofrar para en torno a esto tomar las medidas requeridas y preventivas que permitan el desarrollo y buen acabado final.
4. El pino es la madera con más demanda en el área de construcción debido a su gran producción a nivel nacional, sin embargo, su utilización en encofrados es muy delicada debido a que es una madera que tiende a deformarse por su bajo módulo de elasticidad. Por otro lado tiene muy buena trabajabilidad y esto permite un montaje más sencillo y un clavado fácil y rápido,
5. Las características de la madera, las propiedades físicas y químicas, por sí solas no son suficientes a la hora de tomar la decisión para su uso en



encofrados; es muy necesario estudiar distintas variables que se ven inmersas al momento de encofrar, como por ejemplo el costo, su reutilización, la trabajabilidad y fácil accesibilidad. De acuerdo a los análisis técnico-económicos y cálculos realizados se puede asumir que el pino resulta ser una opción viable, ya que los costos de la madera son menores en comparación a madera estándar, a pesar de requerirse un volumen mayor. Por otra parte, el país tiene la más grande plantación de Pino por lo que la producción y comercialización de este a diferencia de otras maderas aun es posible y se logra conseguir en el mercado sin complicaciones. El costo obtenido para travesaños y tablas para encofrado de una columna y una viga con madera de pino fue de 2.790.000 Bs y 1.844.000 Bs respectivamente y con madera moreillo fue de 2.832.500 Bs y 1.885.000 Bs, representando una diferencia de 42.500 Bs en columna y de 41.000 Bs en viga.

### **Recomendaciones**

Con la intención de no ser repetitivos en cuanto al comportamiento de una u otra especie de madera, en este aparte se mencionarán las recomendaciones a tener en cuenta:

1. La primera recomendación es no tomar decisiones aisladas a la hora del uso de madera para encofrado, si bien el pino es un tipo de madera que por su explotación y productividad es muy usada en el país y en América Latina, es importante su tratamiento tomar en consideración distintas variables que influyen en su uso, por ejemplo, la transferencia de calor es el aspecto de mayor importancia al momento del secado, por ello es necesario utilizar velocidades de aire comprendidas entre 5 a 6 m/s. Por otro lado, la fuerte evaporación que se origina disminuye de forma notable la temperatura a

través de la disposición de las pilas de madera, por lo que para conseguir una adecuada homogeneidad en el secado es necesario que la disposición en las pilas de madera no sobrepase los 2 a 2,5 metros, y con ventilación entre tablas y tablonés.

2. Si se trata de una estructura de encofrado larga, debe preverse su aseguramiento para evitar deformaciones. La forma de asegurar es apuntalar bien la estructura y trabarse bien.
3. Si se utiliza una madera dura, la cual por supuesto es más costosa, ésta evita la deformación en la estructura del encofrado y por supuesto en el resultado final, así como también en la reutilización de la madera, no obstante, debe tomarse en cuenta la trabajabilidad, y el impedimento que ella pueda tener a la hora de enclavar.
4. Una recomendación para la Ilustre Universidad es propiciar trabajos de grado que den continuidad a la evaluación del uso de diferentes tipos de madera para encofrado, estudiando las diferentes variables que se presentan, según sus propiedades tanto físicas como químicas y el entorno que se circunda alrededor del proceso desde el corte hasta la disposición y reutilización de una materia prima que se puede conseguir en la naturaleza.

## REFERENCIAS

Ale, J. (2010). *Aplicación de la Mecánica de Materiales la Madera. Aplicación de la Mecánica de Materiales la Madera*. Cordoba, Argentina.

Arias, F. (2005). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. (5° ed.). Caracas. Venezuela. Editorial Episteme. C.A.

Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. (6° ed.). Caracas. Venezuela. Editorial Episteme. C.A.

Arriaga et al. (2002). *Intervención en estructuras de madera*. En f. Arriaga, F. Peraza, M. Esteban, I. Bobadilla, & F. García. Madrid: AITIM.

Azorin, T. (2002). *Metodología de la Investigación*. México: Editorial McGraw Hill Interamericana.

Bergman et al. (2010). *Wood Handbook. En R. Bergman, Z. Cai, C. A. Clausen, M. Dietenberger, R. H. Falk, C. R. Frihart, y otros, Wood Handbook - Wood as engineering material.* }

Bizquera, R. (1989). *Métodos de Investigación Educativa*. España: Ediciones CEAC.

Castro, M. (2003). *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración*. (2ª.ed.). Caracas: Uyapal.

Cid, O. (2010). *Historia de los Encofrados y Evolución*. Universidad Técnica



de Cataluña. España: Barcelona.

***Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.*** (1999). Gaceta oficial N° 36.860, 30 de diciembre de 1999.

Cruz, J. (2010). ***Manual para la protección contra el deterioro de la madera.*** Morelia, México.

Dokesim. (2003). ***Biología de Anobium Punctatum.*** Recuperado el 08 de 2013, de Dokesim: <http://www.dokesimddd.com/biologia/anobium-punctatum.php>

Escobar, O., & Ricardo, J. (1995). ***Las maderas en Colombia. Medellín:*** Marín Vieco Ltda.

Fernández, R. (1992). ***Materiales estructurales en las obras civiles.*** Popayán, Colombia.

Fritz, A. (2010). ***La construcción de viviendas en madera.***

Hernández, Fernández y Baptista. ***Metodología de la Investigación.*** Cuarta Edición. Mc Graw Hill. México.

Hernández S., R. (2003). ***Metodología de la Investigación.*** México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Hurtado, J, y Toro S. (1997). ***Metodología de la Investigación.*** Caracas: Editorial Spyril.

Hurtado, J, y Toro S. (2001). **Metodología de la Investigación**. Caracas: Editorial Spyral.

Jaramillo, O. (2012). *Ingeniería Estructural I*. (Recuperado 15/10/2017), Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/index.html>.

Methling, S. (2009). *Experimentos Constructivos con la Madera Venezolana: en búsqueda de soluciones innovadoras para el desarrollo del material*. Informe final de Proyecto de Grado. Universidad Simón Bolívar. Escuela de Arquitectura. Venezuela: Caracas.

Norma Venezolana COVENIN 2244-91 (2001). *Seguridad para Encofrados*

.

NSR-10 b, 2. (2010). NSR (Norma sismo resistente Colombiana)-10, Título G, Capítulo G.11.4.6.

NSR-10 c, 2. (2010). NSR (Norma sismo resistente Colombiana)-10, Título G, Capítulo G.11.4.4. Colombia.

NSR-10 d, 2. (2010). NSR (Norma sismo resistente Colombiana)-10, Título G, Capítulo G.11.4.7. Colombia.

NSR-10, C. (2010). NSR (Norma Sismo resistente Colombiana)-10, Título G, Capítulo G.11.4.5. Colombia.

Ortiz, E. (2001). **Así se Investiga, pasos para Hacer una Investigación**. Málaga: Ediciones Aljibe.

Rehabend. (2013). *Metodología para la inspección, evaluación y diagnóstico mediante técnicas no destructivas del estado estructural de puentes de madera en España.*

Rahal, M. y Sleiman, S. (2013). *Estudio de Factibilidad Técnico, Económico y Financiero para la producción de compuestos de madera y plásticos en Venezuela.* Trabajo Especial de Grado. Universidad Católica Andrés Bello. Escuela de Ingeniería Industrial. Venezuela: Caracas.

Rueda, M., y Cayama, A. *Cálculos del Encofrado de Elementos Estructurales de Concreto Armado en la Industria de la Construcción.* Trabajo Especial de Grado. Universidad Rafael Urdaneta. Facultad de Ingeniería Civil. Venezuela: Maracaibo.

Sabino, C. (2008). **El Proceso de Investigación.** El Cid, Editor. Caracas, Venezuela.

Sampieri, R. (2010). **Metodología de la Investigación.** Cuarta edición. Mc.Graww-Hill. Méxco.

Sandoval, C. (2002) Investigación Cualitativa. En Especialización, en Teoría, Métodos y Técnicas de Investigación Social. Colombia: Arfo.

Tamayo, M. (1999). *Metodología Formal de la Investigación Científica.* Editorial Limusa. Noriega Editores. México.

Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El Proceso de la Investigación Científica.* Limusa. Noriega Editores. México.

Tortorelli, L. (2009). *Maderas y bosques argentinos.* Buenos Aires, Argentina.

Universidad Tecnológica Nacional, F. d. (1988). *Maderas, Apuntes del centro de Estudiantes. En F. d. Universidad Tecnológica Nacional, Maderas*, Apuntes del centro de Estudiantes.

Universidad Católica del Norte, C. (2012). *Materiales de Construcción*.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL). (2000). *Manual de trabajos de grado, especialización, maestría y tesis doctorales*. Caracas: Vicerrectorado de investigación y Postgrado. FEDUPEL.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006). *Manual de trabajos de grado, especialización, maestría y tesis doctorales*. Caracas: Vicerrectorado de investigación y Postgrado. FEDUPEL.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2009). *Manual de trabajos de grado, especialización, maestría y tesis doctorales*. Caracas: Vicerrectorado de investigación y Postgrado. FEDUPEL.

Venezuela Vive. (2001). Tomo *II. Geografía económica humana para el tercer milenio*. Editorial Minerva, C.A. Caracas, Venezuela.

Zanni, E. (2004). *Degradación y rehabilitación de estructuras de madera*.

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MADERA UTILIZADOS PARA ENCOFRADOS EN EDIFICACIONES, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR.
<b>Subtítulo</b>	

## **Autor(es)**

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
MONSALVE DELGADO DANIELA ALEXANDRA	<b>CVLAC</b>	25.679.216
	<b>e-mail</b>	daniamd2@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
Uzcátegui Moja Laumarys del Valle	<b>CVLAC</b>	24.795.684
	<b>e-mail</b>	laumarys@gmail.com
	<b>e-mail</b>	

## **Palabras o frases claves:**

Madera
Encofrados
Deflexión
Dureza

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

## Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Resistencia de materiales	Esfuerzo flector máximo, módulo de elasticidad
Materiales de Construcción	Cómputos métricos para encofrados

## Resumen (abstract):

---

La presente investigación se apoyó en un estudio fundamentado en “Evaluar los diferentes tipos de madera utilizados para encofrados de edificaciones en Ciudad Bolívar-Estado Bolívar”. El trabajo de investigación, se desplegó alrededor de conceptualizaciones sobre la madera como materia prima y su clasificación, un recorrido por las propiedades físicas y mecánicas de la madera, métodos para su preservación y conservación, riesgos que la afectan; así mismo se desarrolló lo referente al encofrado, su historia, encofrados en madera y su clasificación, ventajas y desventajas del uso de la madera en encofrados y el mercado nacional maderero. Con respecto a la metodología del presente estudio, el tipo de investigación fue descriptiva y evaluativa, apoyada en una investigación de campo. La población y la muestra se constituyeron en ocho (8) modelos para la aplicación de ensayos empíricos y de esa manera constatar el comportamiento de los modelos estudiados. Los instrumentos para recolección de datos fueron: la revisión bibliográfica y la observación directa. Los procedimientos y resultados permitieron evaluar el comportamiento de las especies estudiadas: Pino y Moreillo, su capacidad de resistencia, su elasticidad y su dureza entre otros aspectos. Por otra parte se concluyó que es realmente necesario el debido tratamiento de la madera y la elaboración minuciosa de los cómputos métricos que determinan los volúmenes de madera los cuales pueden llegar a variar de acuerdo al tipo de ésta que se vaya a utilizar para el encofrado.

---

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

## Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail				
<b>Grieco Suozzi, Giovanni</b>	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input checked="" type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	<b>8.868.256</b>			
	e-mail	<b>griecogiov@yahoo.com</b>			
	e-mail				
<b>Tomedes Vásquez, Manuel Antonio</b>	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	<b>8.860.450</b>			
	e-mail	<b>manueltomedes@gmail.com</b>			
	e-mail				
<b>Márquez Fernández, Edgard Martin</b>	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	<b>8.030.911</b>			
	e-mail	<b>edgardmarquez25@gmail.com</b>			
	e-mail				

## Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
<b>2018</b>	<b>02</b>	<b>19</b>

Lenguaje Spa

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

## Archivo(s):

Nombre de archivo
<b>EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MADERA UTILIZADOS PARA ENCOFRADOS EN EDIFICACIONES, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR.</b>

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O  
P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5  
6 7 8 9 \_ - .**

## Alcance:

**Espacial:** \_\_\_\_\_

**Temporal:** \_\_\_\_\_

## Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Civil

## Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

## Área de Estudio:

Ingeniería Civil

## Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

**JUAN A. BOLANOS CURVELO**  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):** "Loa Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo al Consejo Universitario, para su autorización."

*Daniela Monsalve*

---

**AUTOR**  
**Daniela Monsalve**  
**C.I.:25.679.216**

*Laumarys U.*

---

**AUTOR**  
**Laumarys Uzcátegui**  
**C.I.:24.795.684**

*[Handwritten Signature]*

---

**TUTOR**  
**Profesor Giovanni Grieco**  
**C.I.:8.868.256**