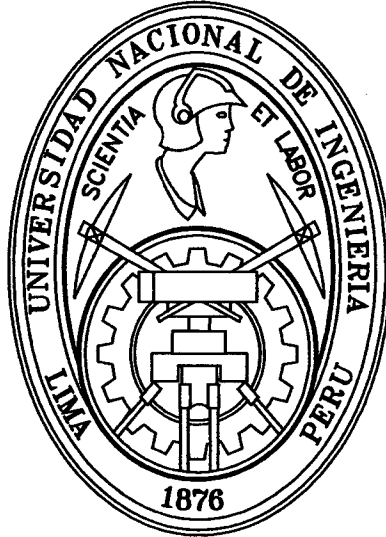


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



CLASIFICACION ESTRUCTURAL DE LA MADERA

“Higuerilla” Micandra spruceana

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

DANIEL RUIZ MAYTA

Lima – Perú

2011

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

DEDICATORIA

A mis Padres:

Alejandro y Margarita por su apoyo incansable para la culminación de esta tesis y por los valores inculcados en mi desarrollo personal y profesional

A mis Hermanos:

Rutilio, Jorge y Soledad por el cariño y amor que me dan cada día, que sin ellos no sería la persona que soy hoy.

| | Pág. |
|--|------|
| RESUMEN | 03 |
| LISTA DE CUADROS | 04 |
| LISTA DE FIGURAS | 06 |
| LISTA DE TERMINOLOGIAS | 07 |
| INTRODUCCIÓN | 08 |
| ANTECEDENTES | 10 |
| CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES | |
| 1.1 BOSQUES | 11 |
| 1.2 POTENCIAL MADERERO EN EL PAÍS Y REFORESTACIÓN | 13 |
| 1.3 MADERAS MÁS COMUNES EN EL PERÚ | 22 |
| 1.4 COSTOS DE EXPLOTACIÓN DE ESTE RECURSO Y PRECIO COMERCIAL | 25 |
| CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MADERA "HIGUERILLA" | |
| 2.1 PROCEDENCIA | 30 |
| 2.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL EN PIE | 31 |
| 2.3 OBSERVACIONES PARA EL RECONOCIMIENTO DE LA ESPECIE | 33 |
| 2.4 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT | 34 |
| CAPÍTULO III: NORMAS Y MÉTODOS DE ENSAYO DE LA MADERA ASERRADA PARA USO ESTRUCTURAL | |
| 3.1 NORMAS APLICABLES | 42 |
| 3.2 MUESTREO Y COLECCIÓN DE ESPECÍMENES | 42 |
| 3.3 REGLA DE CLASIFICACIÓN VISUAL | 43 |
| 3.4 ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS | 45 |
| 3.5 ENSAYOS DE PROPIEDADES MECÁNICAS | 47 |
| CAPÍTULO IV: ENSAYOS FISICO – MECANICOS SEGÚN N.T.P | |
| 4.1 PROPIEDADES FÍSICAS | 50 |
| 4.1.1 Contenido de humedad (N.T.P. 251.010) | 50 |
| 4.1.2 Densidad básica (N.T.P. 251.011) | 54 |
| 4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS | 57 |
| 4.2.1 Flexión en probetas (N.T.P. 251.017) | 57 |

| | |
|--|----|
| 4.2.2 Flexión en vigas a escala natural (N.T.P. 251.107) | 60 |
|--|----|

**CAPÍTULO V: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DE
LABORATORIO**

| | |
|---|-----------|
| 5.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS FÍSICOS-MECÁNICOS | 63 |
| 5.2 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD | 65 |
| 5.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTRAS ESPECIES | 68 |
| 5.4 AGRUPAMIENTO DE LA MADERA "HIGUERILLA" | 69 |
| CONCLUSIONES | 72 |
| RECOMENDACIONES | 73 |
| BIBLIOGRAFÍA | 74 |
| ANEXOS | |

RESUMEN

La madera utilizada en este ensayo fue traída de 4 madereras ubicadas en las Av. Universitaria y Av. Naranjal. El ensayo se realizó en estado húmedo. Las dimensiones de las probetas fueron de 5x5x75 cm y de las vigas 4x14x310 cm. Antes de realizar dichos ensayos se realizó una clasificación visual para elegir las muestras aptas para el ensayo. El estudio de la madera *Micandra Spruceana* "Higuerilla", sirve para conocer las propiedades físicas (contenido de humedad y densidad básica) y mecánicas (modulo de elasticidad de Young). Para esto se ensayaron probetas (30 unidades) y vigas a escala natural (30 unidades) de acuerdo a las normas nacionales vigentes. Los ensayos se realizaron en el LEM de la FIC de la Universidad Nacional de Ingeniería. Los equipos utilizados para los ensayos fueron de 10 ton de capacidad y el deflectometro de 0.01mm de precisión.

| DESCRIPCIÓN | | # MUESTRAS | RESULTADO PROMEDIO | UNIDAD |
|-------------|----------|------------|--------------------|--------------------|
| C.H | PROBETAS | 30 | 23.95 | % |
| | VIGAS | 30 | 27.39 | |
| D.B | PROBETAS | 30 | 0.47 | - |
| | VIGAS | 30 | 0.45 | |
| PROBETAS | MLP | 30 | 452.2 | kg/cm ² |
| | MOR | 30 | 535.9 | |
| | MOE | 30 | 100651 | |
| VIGAS | MLP | 30 | 429.3 | kg/cm ² |
| | MOR | 30 | 506.1 | |
| | MOE | 30 | 99223 | |

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de densidad básica 0.45 y modulo de elasticidad de Young 99200 kg/cm², se clasifica a la madera *Micandra spruceana* "Higuerilla" en el Grupo estructural "C"

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1.1: Superficie de bosques..... | 11 |
| Cuadro 1.2: Relación de especies forestales según su valor comercial..... | 23 |
| Cuadro 1.3: Precio de madera aserrada (P_{mt}) para el cálculo de madera en pie. | 27 |
| Cuadro 1.4: Precio de la madera al estado natural (P_{men}) US\$/m ³ | 27 |
| Cuadro 1.5: Precio de maderas en Lima..... | 28 |
| Cuadro 1.6: Lugares de venta en Lima..... | 29 |
| Cuadro 1.7: Medidas de comercialización de maderas..... | 29 |
| Cuadro 2.1: Producción de madera rolliza y aserrada por especie año 2009..... | 36 |
| Cuadro 3.1: Defectos según clasificación visual..... | 44 |
| Cuadro 4.1: Clasificación. Según Contenido de humedad..... | 50 |
| Cuadro 4.2: Contenido de humedad. Muestras de vigas a escala natural..... | 52 |
| Cuadro 4.3: Contenido de humedad. Muestras de probetas..... | 53 |
| Cuadro 4.4: Clasificación. Según Densidad Básica..... | 54 |
| Cuadro 4.5: Densidad Básica. Muestras de vigas a escala natural..... | 55 |
| Cuadro 4.6: Densidad Básica. Muestras de probetas | 56 |
| Cuadro 4.7: Módulo de elasticidad..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 4.8: Ensayo de Flexión Estática. Probetas..... | 59 |
| Cuadro 4.9: Ensayo de Flexión Estática. Vigas a Escala Natural..... | 62 |
| Cuadro 5.1: Determinación del contenido de humedad..... | 63 |
| Cuadro 5.2: Determinación de la densidad básica..... | 64 |
| Cuadro 5.3: Ensayos de flexión, MOR, MOE (PROM)..... | 65 |
| Cuadro 5.4: Ensayos de flexión, MOR, MOE (MIN)..... | 65 |
| Cuadro 5.5: Coeficientes considerados para la determinación de los Esfuerzos Admisibles..... | 67 |
| Cuadro 5.6: Comparación de propiedades físicas en vigas a escala natura..... | 68 |
| Cuadro 5.7: Comparación de propiedades mecánicas en vigas a escala natural..... | 68 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1: Bosques en el Perú, en millones de hectáreas..... | 12 |
| Figura 1.2: Recursos forestales de la cuenca del rio Nanay..... | 13 |
| Figura 1.3: Transporte de la Madera..... | 14 |
| Figura 1.4: Bosque de la selva | 15 |
| Figura 2.1: Procedencia del árbol Higuierilla..... | 30 |
| Figura 2.2: Árbol Higuierilla..... | 31 |
| Figura 2.3: Corteza externa del árbol Higuierilla..... | 32 |
| Figura 2.4: Hojas y frutos del árbol Higuierilla..... | 33 |
| Figura 2.5: Características organolépticas del árbol Higuierilla..... | 34 |
| Figura 2.6: Madera rolliza por especies de mayor producción..... | 40 |
| Figura 2.7: Madera aserrada por especies de mayor producción..... | 41 |
| Figura 3.1: Ensayo de probetas en el LEM..... | 49 |
| Figura 3.2: Ensayo de vigas a escala natural en el LEM..... | 49 |

LISTA DE TERMINOLOGIAS

P_{men} = Precio de la madera al estado natural

P_{mt} = Precio de venta de la madera

CP = Costo de producción (extracción y transporte)

GA = Gastos administrativos (5% de CP)

GF = Gastos financieros (18% de CP)

CR = Canon de reforestación

MG = Margen de ganancia (35% de la madera rolliza)

CH = Contenido de humedad

G = Peso original de la muestra (g)

G1 = Peso anhidro (g)

DB = Densidad básica (g/cm^3)

W_{anh} = Peso anhidro de la muestra (g)

V_{sat} = Volumen saturado de la muestra (cm^3)

P_L = Carga al límite proporcional (kg)

L = Distancia entre los apoyos (Luz de probetas) en cm

a = Ancho de la probeta (cm)

e = Espesor de la probeta (cm)

P = Carga máxima (kg)

Y = Deflexión en el centro de luz al límite proporcional (cm)

$\frac{dP}{dy}$ = Pendiente de zona elástica de la curva carga deformación (kg/cm^2)

MOE = Módulo de elasticidad

MOR = Módulo de rotura

MLP = Esfuerzo de la fibra al límite proporcional

FC = Coeficiente de reducción por calidad

FT = Coeficiente de reducción por tamaño

FS = Coeficiente de seguridad

FDC = Coeficiente de duración de carga

E_{min} = Módulo de elasticidad mínimo

E_{prom} = Módulo de elasticidad promedio

INTRODUCCION

Los bosques son el recurso natural renovable más importante del país, tanto por su extensión como por su importancia económica. Con una superficie boscosa de cerca de 69 millones de ha (57% del territorio nacional) el país ocupa el segundo lugar en América del Sur

El país posee unas 39 millones de ha de bosques aptos para la extracción de madera, o sea, que reúnen las condiciones que posibilitan las actividades forestales maderables. Sin embargo, el Perú no ha desarrollado una actividad forestal maderable, que esté en concordancia con la superficie boscosa nacional. El sector forestal representa apenas entre el 1 % y el 4% del PBI nacional. La superficie destinada al aprovechamiento forestal llega apenas a unas 2 millones de ha. Esto se debe en gran parte al desconocimiento de las propiedades tecnológicas y usos de un gran número de especies de valor potencial, por lo que la investigación, así como la difusión de la información tecnológica de las especies estudiadas, tienen una importancia significativa en el aprovechamiento integral de los recursos forestales.

Con el propósito de incrementar un mayor número de especies forestales al mercado nacional e internacional, en los últimos 20 años en el Perú se han realizado una serie de estudios tecnológicos con el apoyo internacional, que han hecho posible cumplir con este objetivo. Así como se deberá implementar programas de difusión en forma permanente que mantengan informados a los usuarios de la madera de sus características tecnológicas, para mejorar su utilización.

La presente investigación, tiene como objetivo el estudio de la madera *Micandra spruceana* "Higuerilla", para complementar y profundizar el conocimiento de sus características y propiedades, a fin de clasificarla de acuerdo a las normas nacionales vigentes, conocer su aptitud para el uso como material de construcción y clasificarla estructuralmente, dar a conocer sus potencialidades tecnológicas y comerciales. Para lograr dichos objetivos se desarrollan 5 capítulos.

En el Capítulo I, se presenta información general sobre los bosques, el potencial maderero en el país y su reforestación, así como sus costos de explotación y precio comercial.

En el Capítulo II, se presenta información general sobre la madera *Micandra spruceana* "Higuerilla", su procedencia, descripción de la especie, reconocimiento a través de las características de las partes que la componen, la distribución y hábitat en nuestro territorio.

En el Capítulo III, se presentan las Normas Peruanas utilizadas para la realización de ensayos físicos y mecánicos de la especie maderable en estudio, muestreo y colección de especímenes, clasificación visual, ensayos de propiedades físicas (contenido de humedad y densidad básica), ensayos mecánicos (ensayo de flexión estática en probetas y ensayos de flexión en vigas a escala natural).

En el Capítulo IV, se presentan los datos obtenidos después de realizar los ensayos a probetas y vigas a escala natural, para las probetas se muestran en cuadros los resultados de ensayos físicos (contenido de humedad y densidad básica) y flexión estática. De la misma manera se muestran cuadros para vigas a escala natural.

En el Capítulo V, se muestra todo el procesamiento de los valores obtenidos de los ensayos físicos y mecánicos, con los resultados de los ensayos mecánicos se grafican las curvas "Carga vs Deformación", las cuales servirán para la determinación de los módulos de elasticidad, la resistencia y el esfuerzo al límite proporcional, para posteriormente determinar el rango en que se encuentran estos valores. Se realizará una comparación de las propiedades mecánicas de este tipo de madera con otras que se encuentran en cada grupo estructural.

ANTECEDENTES

Los primeros estudios para la clasificación estructural de especies maderables datan del año 1975 y se contaba básicamente con estudios tecnológicos. En la primera fase del estudio integral de la madera para construcción del PAD-REFORT se obtuvieron las propiedades físicas y mecánicas importantes de 105 especies de la subregión andina. Para 46 de estas especies se hicieron ensayos de flexión con vigas a escala natural.

Como resultado de estos ensayos e incorporando la experiencia de especies latifoliadas de otras regiones, se propuso una regla de clasificación visual para madera estructural y esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad para maderas clasificadas como estructurales.

En el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería se han realizado estos mismos ensayos (propiedades físico-mecánicas), de algunas de las especies anteriormente estudiadas, pero en este caso a nivel de vigas a escala natural, como parte de temas de investigación a través de tesis de grado.

En el 2005 y 2008 se realizaron por iniciativa de los egresados de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería 4 tesis de grado:

- Clasificación Estructural de la madera Cachimbo – *Cariniana Domesticata*.
Autor: VILLANUEVA PEÑA, TG/4456,2005
- Clasificación Estructural de la madera Azucar Huayo – *Hymenaea Courbaril*
Autor: ESTACIO JIMENEZ, Raúl TG/4456,2008
- Clasificación Estructural de la especie forestal Machinga
Autor: TABOADA RODRIGUEZ, Rodolfo Alejandro TG/4358,2004
- Incorporación de la especie maderable Quinilla colorada para uso estructural
Autor: CAMACHO CASTILLO, Sixto TG/4295,2004

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

El Estado promueve el manejo de los recursos forestales y de fauna silvestre en el territorio nacional, como elemento fundamental para garantizar su desarrollo sostenible, con la activa participación de los sectores sociales y económicos del país.

Este capítulo presenta información sobre un recurso natural muy importante como son los bosques, su clasificación, especies y su potencial. Información tomada de instituciones como INRENA, Organización internacional de maderas tropicales.

1.1 BOSQUES

Los bosques naturales cubren más de la mitad del territorio del Perú. En este rubro el país es el noveno país en el mundo y el segundo en América Latina. El 94.1% de las 68.7 millones de hectáreas de bosques peruanos se encuentran en la Amazonía. Por ello se puede decir que el Perú es un país de bosques.

Cuadro 1.1

| | País | Superficie de Bosques (millones de ha) |
|----|---------------------------------|---|
| 1 | Federación Rusa | 809 |
| 2 | Brasil | 478 |
| 3 | Canadá | 310 |
| 4 | Estados Unidos | 303 |
| 5 | China | 197 |
| 6 | Australia | 164 |
| 7 | República Democrática del Congo | 134 |
| 8 | Indonesia | 88 |
| 9 | Perú | 69 |
| 10 | India | 68 |
| 11 | Otros | 1 333 |
| | Total | 3 953 |

Fuente: VMCE-MINCETUR

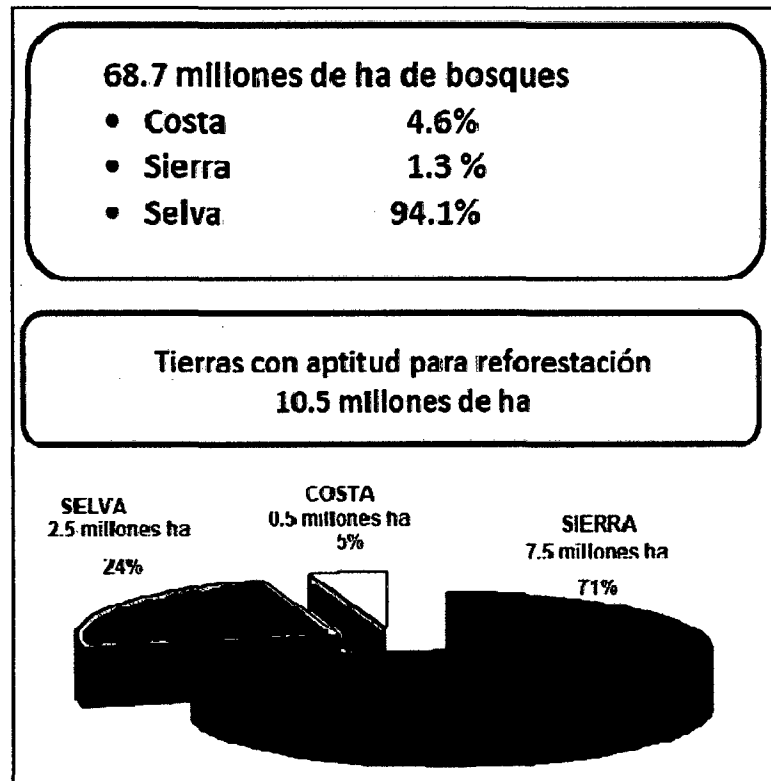
Sin embargo, este valioso recurso está en riesgo. Cada año se pierden aproximadamente 150,000 hectáreas de bosques, el equivalente a diez veces la superficie de toda la Provincia Constitucional del Callao. Esto se explica por la presión de la agricultura migratoria, el desarrollo desordenado aplicado sobre el

territorio y las actividades ilegales. Además, esta situación puede vulnerar, por diversas razones, los derechos fundamentales de los peruanos.

Los bosques naturales constituyen una fuente de sustento y un referente de la identidad cultural de los pueblos indígenas. Cumplen un rol fundamental en la conservación de la biodiversidad, en la protección de los suelos, así como en el ciclo hídrico. En el ámbito mundial, el Perú es el cuarto país en biodiversidad, la cual se encuentra, en gran medida, en los bosques amazónicos.

En general, los recursos forestales proporcionan significativas oportunidades para el desarrollo sostenible, que no se agotan en el aprovechamiento y el comercio de la madera.

Figura 1.1



Bosques en el Perú en millones de hectáreas

No obstante, a pesar de la riqueza forestal, el comercio formal de la madera solo aporta el 1.1% del Producto Bruto Interno del país. Por ello, una visión integral debe tomar en cuenta las múltiples posibilidades que genera el manejo diversificado de los bosques naturales, incluyendo los recursos no maderables y el turismo sostenible.



Figura 1.2 Recursos forestales de la cuenca del río Nanay, Loreto. Foto: José Álvarez.

En síntesis, el buen manejo del bosque y la distribución equitativa de sus beneficios se pueden constituir en herramientas de lucha contra la pobreza y pueden propiciar oportunidades de prosperidad para la población local, en particular para los pueblos indígenas, así como servicios ambientales para todo el país.

1.2 POTENCIAL MADERERO EN EL PAÍS Y REFORESTACIÓN

La foresta representa el recurso natural renovable más importante del país, por su extensión geográfica e importancia económica.

El recurso forestal manejado y aprovechado técnicamente, puede generar las divisas que el Perú requiere y dar ocupación estable a la población marginal, proveniente de zonas con gran presión demográfica, sin embargo está siendo destruido en forma indiscriminada con los consiguientes peligros ecológicos.

Según la configuración geográfica del Perú, el bosque se distribuye dentro de zonas tropicales y subtropicales, por lo que presenta una composición florística compleja y altamente heterogénea, muy diferente a los bosques de las zonas templadas, como los de Norteamérica y Europa Central.

En la región de la Selva, la composición florística de los bosques naturales tropicales y subtropicales, que abarcan la mayor parte de la superficie forestal del país, es muy heterogénea y compleja, estimándose en más de 2,500

especies. Esta diversidad de especies crea serios problemas para el manejo y aprovechamiento forestal. Actualmente se extraen, en forma más o menos intensiva, el 10% del total de especies identificadas (principalmente Higuierilla, Caoba, Cedro, Cumala, Ishpingo, Lagarto Caspi, Lupuna, Moena, Tornillo, Ulcumano, Catahua).

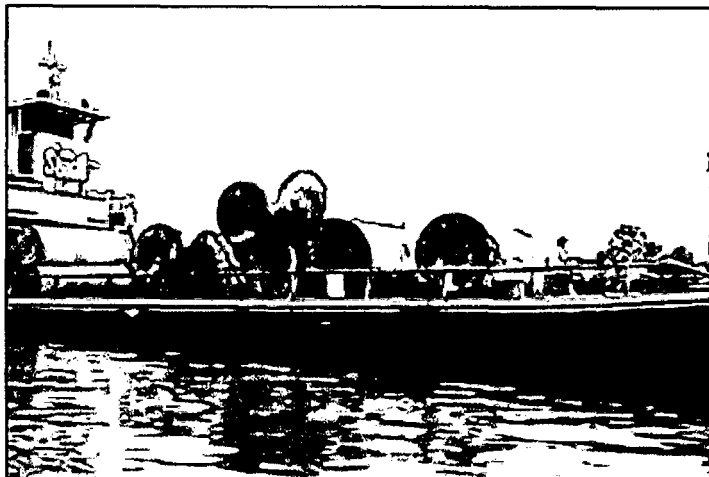


Figura 1.3 Transporte de la madera

Sin embargo, cada vez se incrementa el uso de nuevas especies para utilizarlas con diversos fines, como la industria del aserrío, parquet, pulpa para papel y otros.

En la Costa Norte son importantes los bosques de Algarrobo, Guayacán, Hualtaco y otras especies de gran valor en la industria maderera. A pesar de su sobreexplotación, estos bosques tienen un gran potencial actual y futuro, pudiendo ser mejorado en base a un programa integral de manejo silvocultural y planes racionales de aprovechamiento.

La Sierra también presenta un potencial para plantaciones forestales sobre la base de especies como eucaliptos, pinos, quinales y otras adecuadas para la producción maderera, protección de cuencas y refugio de la vida silvestre.

Los organismos vinculados a la actividad forestal, como la Dirección General Forestal y de Fauna, y el Instituto Nacional Forestal y de Fauna (INFOR), del Ministerio de Agricultura y Alimentación; la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Forestales (ONERN); las Universidades Nacionales Agraria (La

Molina), del Centro (Huancayo) y de la Amazonía Peruana (Iquitos); el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (INDECOPI); han desarrollado estudios, investigaciones científicas y tecnológicas, así como proyectos sobre evaluación, aprovechamiento, reforestación, conservación, silvicultura, desarrollo tecnológico, investigación científica, mejores usos, manejo racional de los recursos forestales del país.

CLASIFICACIÓN NATURAL DE LOS BOSQUES Y SU POTENCIAL

Los bosques se clasifican en naturales y cultivados. Los naturales constituyen las poblaciones vegetales con predominio arbóreo; los cultivados, plantaciones forestales efectuadas en tierras calificadas como aptas para producción forestal.

I. BOSQUES NATURALES.

Ocupan poco menos del 100% de la superficie forestal del Perú. Se dividen en dos grupos: bosques homogéneos y bosques heterogéneos.

Figura 1.5



Bosque de la selva

1. Bosques heterogéneos.

Abarcan el 90% de la superficie forestal del Perú (65'500,000 Ha). Estos bosques son propios de los trópicos húmedos y se caracterizan por presentar una composición florística compleja, con un gran número de especies por unidad

de superficie. De todas las especies clasificadas sólo se utiliza el 15% para obtención de madera aserrada (tablas), tableros aglomerados, láminas (chapas), tableros compensados ("triplay"), parquet y pulpa para la fabricación de papel. Contienen en promedio entre 100 y 200 m³ de madera aprovechable por hectárea. Casi el 50% de este volumen procede entre 15 y 20 especies.

Parte de los bosques heterogéneos de la Selva están sufriendo una depredación muy intensa por acción de la agricultura migratoria no tradicional, practicada por campesinos provenientes mayormente de la Sierra. Con esta práctica nociva, se estima que se están destruyendo más de 150,000 Ha anuales de estos bosques. Según el relieve del terreno donde se ubican, los bosques heterogéneos se clasifican en: bosques aptos para extracción de madera y bosques no operables.

a. Bosques Aptos para Extracción de Madera.

También denominados "bosques de producción", abarcan aproximadamente el 60% (39'300,000 Ha) del área total ocupada por los bosques heterogéneos. Ofrecen condiciones de operabilidad favorables para ser aprovechados en forma económica, permanente y sostenida, sin ocasionar impactos irreversibles en el ecosistema debido a las características fisiocráticas que facilitan el acceso.

Dentro de esta clase de bosques, existen dos tipos fundamentales: los bosques productivos aluviales y los bosques productivos de colinas.

- **Los bosques productivos aluviales** desarrollan sobre suelos de naturaleza aluviónica, distribuidos en terrazas bajas inundables, medias y altas. Representan el 28% (11'000,000 Ha) del área ocupada por los bosques Aptos para Extracción de Madera. El drenaje varía entre bueno (en las terrazas más elevadas) a imperfecto (en las más bajas) dando origen a una vegetación forestal de vigorosidad intermedia.

Tienen un contenido volumétrico de madera que varía desde 70 m³/Ha en las zonas ribereñas propensas a inundaciones periódicas o que presentan condiciones de mal drenaje, hasta más de 100 m³/Ha en las terrazas más elevadas, con buen drenaje y libre de inundaciones

periódicas. Tienen fácil acceso, por lo que han sido sometidos a una extracción indiscriminada.

Entre las especies dominantes del bosque productivo aluvial, se encuentran:

- Bolaina *Guazuma crinita*
- Cedro *Cedrela odorata*
- Cetico *Cecropia sp*
- Cumala blanca y c. colorada (Fam. *Myristicaceae*)
- Chemicua *Perebea sp*
- Lupuna *Chorisia integrifolia*
- Machimango *Eschweilera sp*
- Moena (Fam. *Lauraceae*)
- Ojé *Ficus anthelmintica*
- Palo de balsa *Ochroma sp*
- Requía *Guarea sp*
- Shimbillo *Inga sp*
- Uvilla *Pourouma sp*

De los mencionados, el Cético es el dominante del paisaje ribereño, conformando los denominados "ceticales" de gran importancia económica como materia prima para la fabricación de papel.

- Los **bosques productivos de colinas** representan el centro de la riqueza maderera del Perú, con una extensión aproximadamente de 28'300,000 Ha (cerca del 72% de los Bosques Aptos para la Extracción de Madera). Se distribuyen casi en su totalidad en la Selva Baja del país, en los espacios interfluviales, dominados por un relieve de lomas y colinas cuyas alturas varían desde 30 hasta 80 m desde sus bases.

La vegetación es vigorosa y condicionada a las características climáticas imperantes y a los suelos de drenaje libre. Aquí se encuentran especies que tipifican al bosque climático, sobre suelos zonales característicos de la Selva Baja. El contenido volumétrico varía desde 100 m³/Ha, cuando se encuentran situados en "colinas altas", hasta más de 120 m³/Ha para los ubicados en "colinas bajas" y bien drenadas.

Entre las principales especies que caracterizan los bosques de colinas, se encuentran:

- Caoba *Sweitenia macrophyllia*
- Cedro *Cedrela odorata*
- Cumala (Fam. *Myristicaceae*)
- Estoraque *Myroxylon balsamum*
- Moena (Fam. *Lauraceae*)
- Quinilla (Fam. *Sapotaceae*)
- Tornillo *Cedrelinga catenaeformis*

b. Bosques No Operables.

Denominados como "bosques de protección", se extienden sobre el 40% (26'200,000 de Ha) de la superficie cubierta por bosques heterogéneos. Estos bosques no tienen condiciones para la extracción de madera, debido fundamentalmente a la fragilidad de su ecosistema. Así, las pendientes los hacen poco accesibles y propensos a la erosión violenta en caso se encuentren sin su cubierta protectora de árboles.

Su preservación representa una invaluable defensa para el medio tropical, evitando la degradación de los suelos por procesos erosivos y regulando los regímenes hídricos. También sirven para la preservación de la genética animal y como paisajes para el desarrollo turístico.

2. Bosques Homogéneos.

Cubren menos del 10% (7'000,000 Ha) de la superficie de bosques naturales del país. Estos bosques presentan una composición florística más simple que la de los bosques heterogéneos, con un bajo número de especies por unidad de superficie. Sin embargo, existe una abundancia de unas pocas especies que tipifican al bosque, por lo que pueden ser más fácilmente aprovechados.

Estos bosques se encuentran en zonas donde existen grandes factores limitativos, como el clima (temperatura o precipitación) o características edáficas (suelo y drenaje) que determinan la propagación de unas cuantas especies.

El bosque se homogeniza con pocas especies adaptadas al medio natural.

Todas las especies que conforman estos bosques son utilizadas en la industria forestal o como material energético (leña), que es una de las formas - principalmente en la Sierra y la Costa - como se está exterminando a estos bosques.

Su contenido volumétrico varía entre 5-10 m³/Ha (muy bajo) y 70 m³/Ha (regular).

Según su distribución geográfica, los bosques homogéneos del Perú se distinguen en sus tres regiones naturales. Entre los bosques productivos homogéneos de importancia económica, se encuentran los bosques de mangle y los bosques secos en la Costa, los bosques de quinales y de *Podocarpus* en la Sierra, y los bosques de aguajales en la Selva.

a. Bosques de Mangle.

Estos bosques se distribuyen exclusivamente en la Costa Norte del país, en el litoral de Tumbes, desarrollando en condiciones de pésimo drenaje (áreas pantanosas), en las que se produce una mezcla de agua salada de mar y dulce de río, formando los conocidos "esteros".

Estos bosques tienen pequeña extensión, ocupando unas 5,000 Ha. Sin embargo, su conservación es muy importante por el aprovechamiento que puede hacerse, vinculado a la producción de taninos y por constituir un refugio para la vida silvestre.

La especie que tipifica a estos bosques es el **Mangle** (*Rhizophora mangle*), asociada con otras especies secundarias como el Jelí (*Laguncularia racemosa*), el Mangle Prieto o Jelí Salado (*Avicennia germinans*) y otras.

b. Bosques secos.

Son bosques diferenciados en densidad y predominancia de especies, distribuidos en Tumbes, Piura, Lambayeque y parte de La Libertad. Cubren una extensión próxima a 1'100,000 Ha.

Las zonas de lomas y colinas, que caracterizan el relieve hacia la frontera con el Ecuador, presentan una masa arbórea homogénea y bastante densa, reuniendo un número de especies de interés comercial (para trabajos de ebanistería, carpintería en general y parquet). Los árboles de mayor importancia son los siguientes:

- Ceibo *Bombax sp.*
- Fernán Sánchez *Triplaris sp.*
- Guayacán *Tabebuia sp.*
- Oreja de león *Tabebuia sp.*
- Palo de vaca *Alseis peruvianna*
- Pasayo *Bombax sp.*

El contenido volumétrico de madera en estos bosques es de 35 a 39 m³/Ha, con un promedio de 110 árboles/Ha

Al "bosque denso" le sigue el bosque de tipo "sabana", hacia el Sur, que es una consecuencia de la explotación irracional de los bosques secos densos, así como del sobrepastoreo y de la tala indiscriminada, principalmente para leña.

Las especies arbóreas más importantes en los "bosques de sabana", son las siguientes:

- Algarrobo *Prosopis juliflora*
- Ceibo *Bombax sp.*
- Charán *Caesalpinia paipai*
- Faique o guarango *Acacia macracantha*
- Hualtaco *Loxopterygium huasango*

- Vichayo *Capparis ovalifolia*
- Zapote *Capparis angulata*

El contenido volumétrico de estas especies es unos 6 m³/Ha, con 22 a 40 árboles/Ha. Finalmente, el último estadio de degradación del “bosque seco denso”, es el denominado “chaparral” o “bosque de algarrobales”, que presenta una fisonomía vegetal a base de especies arbustivas y árboles pequeños de copas planas, tallos inclinados y retorcidos. Su degradación extrema ha sido consecuencia del sobrepastoreo, principalmente del ganado caprino.

Este tipo de bosque comprende Piura, Lambayeque y la parte Norte de La Libertad. Las principales especies son el Zapote (*Capparis angulata*), el Algarrobo (*Prosopis juliflora*) y especies del género Acacia y Salix. A lo largo de la Costa se encuentran las “lomas”, asociaciones atmosféricas con vegetación actualmente depredada, de unas 800,000 Ha aproximadamente.

c. Bosques de quinales y quishuares.

Se ubican a lo largo de la Sierra y están constituidos por especies a los géneros *Polylepis* y *Buddleia* (quinales, quishuares y kolles). Presentan fuerte degradación y están distribuidos entre 3,400 y 4,500 msnm.

Estos bosques comprenden las zonas de vida de páramo húmedo y páramo pluvial, sobre una extensión de 30,000 Ha. Pero están sujetos a una tala indiscriminada para la obtención de leña y realizar labores artesanales.

Se estima un promedio de 500 árboles/Ha y un contenido volumétrico de 25 m³/Ha.

En los pisos inferiores existen especies arbóreas nativas que muestran depredación. Entre estas especies se encuentran:

- Tara *Caesalpinia tinctoria*
- Molle *Schinus molle*
- Pati *Ceiba pubiflora*
- Ccasi *Haplorhus peruviana*
- Chachacomo (“chachas”, “tasta” o “pauco”) *Escallonia* sp
- Aliso *Alnus jorulensis* (en los lugares más bajos y cálidos de la sierra mesoandina)

d. Bosques de Podocarpus.

Estos bosques tienen la característica de estar constituidos por las coníferas naturales ("Diablo Fuerte", "Romerillo" o "Ulcumano") de los medios tropicales del país, distribuyéndose hacia el Norte, en Cajamarca, en la cuenca del río Chinchipe (Jaén y San Ignacio). Ocupan aproximadamente unas 700,000 Ha.

El contenido volumétrico se estima en 70 m³/Ha.

La importancia industrial de estas coníferas radica en que su madera es semidura, aplicable en carpintería y constituye materia prima para la fabricación de papel.

e. Bosques de Aguajales.

Este tipo de bosque es propio de los suelos hidromórficos característicos de la Selva Baja del Perú. Están tipificados por la *Palmacea mauritia sp.* ("Aguaje"). Tiene una extensión aproximadamente de 6'000,000 Ha. Asociadas a esta palmácea se encuentran otras de importancia económica, como el "Huasai" (*Euterpe sp.*) y la "Pona" (*Socratea sp. e Irriarthea sp.*).

El aguaje es una especie hidrofítica con alto contenido en aceites para consumo humano y pasta para el ganado. Se usa como fruta y para la elaboración de refrescos y helados.

En las zonas hidromórficas pueden encontrarse entre 400 y 500 "aguajes"/Ha.

1.3 MADERAS MÁS COMUNES EN EL PERÚ

Las especies forestales de acuerdo a su valor comercial y económico se clasifican en cinco grupos comerciales, que van desde la especies más valiosas en el Grupo "A" donde se encuentra la Caoba, hasta las especies menos valiosas en el Grupo "E"

Cada especie forestal está debidamente identificada por familias, géneros y especies.

Familia: Es la clasificación biológica, grupo de géneros con características comunes, en la clasificación moderna el nombre que designa la familia procede de un genero de la familia denominado el género tipo.

Género: En taxonomía, es la categoría de clasificación de los seres vivos; concretamente un grupo de especies estrechamente emparentadas en estructura y origen evolutivo. Un organismo se nombra mediante la asignación de dos términos, el nombre del género seguido del de la especie.

Especie: Grupo de organismos que se caracterizan por tener una forma, un tamaño, una conducta y un hábitat similares y con estos rasgos comunes que permanecen constantes a lo largo del tiempo.

CUADRO 1.2

Relación de especies forestales según su valor comercial

| Nº | Especies | Nombre Científico | Familia |
|--------------------|---------------|---------------------------------------|----------------|
| Categoría A | | | |
| 1 | Caoba | <i>Swietenia macrophylla</i> | Meliaceae |
| Categoría B | | | |
| 2 | Cedro | <i>Cedrela odorata L.</i> | Meliaceae |
| Categoría C | | | |
| 3 | Catahua | <i>Huro crepitans</i> | Euphorbiaceae |
| 4 | Cumala | <i>Virola sp, iryantera sp</i> | Myristicaceae |
| 5 | Ishpingo | <i>Amburana cearensis</i> | Fabaceae |
| 6 | Lagarto Caspi | <i>Calycophyllum brasiliensis</i> | Guttiferae |
| 7 | Lupuna | <i>Ceiba sp.</i> | Bombacaceae |
| 8 | Moenas | <i>Aniba amazónica, Nectandra sp.</i> | Lauraceae |
| 9 | Pumaquiro | <i>Aspidosperma macrocarpon</i> | Apocynaceae |
| 10 | Tornillo | <i>Cedrelinga catenaeformis</i> | Fabaceae |
| Categoría D | | | |
| 11 | Aguano Masha | <i>Paramachaerium ormosoides</i> | Fabaceae |
| 12 | Almendro | <i>Cariocar sp</i> | Caryocaraceae |
| 13 | Azúcar Huayo | <i>Hymenaea courbaril</i> | Leguminosae |
| 14 | Cachimbo | <i>Cariniana domesticata</i> | Lecythidaceae |
| 15 | Capirona | <i>Calycophyllum spruceanum</i> | Rubiaceae |
| 16 | Chontaquiro | <i>Diploptropis martiusii</i> | Fabaceae |
| 17 | Copaiba | <i>Copaifera officinalis</i> | Caesalpinaceae |
| 18 | Copal | <i>Protium puncticulatum</i> | Burseraceae |
| 19 | Estoraque | <i>Miroxylon balsamun</i> | Fabaceae |
| 20 | Huayruro | <i>Ormozia amazonia</i> | Faboideae |
| 21 | Huimba | <i>Ceiba samauma</i> | Bombacaceae |
| 22 | Leche caspi | <i>Brosimun utile sp. Ovatifoliu</i> | Moraceae |
| 23 | Machimango | <i>Eschweilera sp</i> | Lecythidaceae |
| 24 | Manchinga | <i>Brosimun alicastrum</i> | Moraceae |
| 25 | Marupa | <i>Simaruba amara</i> | Simarubaceae |
| 26 | Mashonaste | <i>Clarisia racemosa</i> | Moraceae |
| 27 | Matapalo | <i>Ficus sp</i> | Moraceae |
| 28 | Panguana | <i>Brosimun utile</i> | Moraceae |
| 29 | Pashaco | <i>Schyzolobium amazonicum</i> | Caesalpinaceae |
| 30 | Quillobordon | <i>Aspidosperma vargasi</i> | Apocynaceae |

Continúa CUADRO 1.2

| Nº | Especies | Nombre Científico | Familia |
|--------------------|-------------------|---------------------------------|------------------|
| 31 | Quina Quina | <i>Pouteria sp</i> | Spotaceae |
| 32 | Quinilla Colorada | <i>Manikara bidentata</i> | Sapotaceae |
| 33 | Requia | <i>Trichilia sp. Guarea sp</i> | Meliaceae |
| 34 | Shihuahuaco | <i>Dipterex odorata</i> | Fabaceae |
| 35 | Tahuari | <i>Tabebuia serratifolia</i> | Bignoniaceae |
| Categoría E | | | |
| 36 | Aceituna Caspi | <i>Didymopanax morototoni</i> | Araliaceae |
| 37 | Amasisa | <i>Erythrina glauca</i> | Faboideae |
| 38 | Ana Caspi | <i>Apuleia peiocarpa</i> | Fabaceae |
| 39 | Anallo Caspi | <i>Cordia alliodora</i> | Boraginaceae |
| 40 | Apacharama | <i>Socorea va briquettii</i> | Moraceae |
| 41 | Atadijo | <i>Trema micrantha</i> | Ulmaceae |
| 42 | Ayuhuma | <i>Caurupita peruviana</i> | Lecythidaceae |
| 43 | Caimito | <i>Pouteria sp</i> | Sapotaceae |
| 44 | Carahuasca | <i>Guatteria elata</i> | Annonaceae |
| 45 | Caraña | <i>Trattinickia sp</i> | Burseraceae |
| 46 | Caucho | <i>Perebea mollis</i> | Moraceae |
| 47 | Caucho Masha | <i>Sapium marmiere</i> | Euphorbiaceae |
| 48 | Charichuelo | <i>Rhudia floribunda</i> | Guttiferae |
| 49 | Chimicua | <i>Pseudolmedia laevis</i> | Moraceae |
| 50 | Cormiñón | <i>Vitex pseudolea</i> | Verbenaceae |
| 51 | Cumaceba | <i>Swartzia brachyrhachis</i> | Caesalpinaceae |
| 52 | Guacamayo Caspi | <i>Sikingia sp</i> | Rubiaceae |
| 53 | Gutapercha | <i>Sapium sp</i> | Euphorbiaceae |
| 54 | Huacapú | <i>Minquartia sp</i> | Rubiaceae |
| 55 | Hualaja | <i>Zanthoxylum sp</i> | Rutaceae |
| 56 | Huangana Caspi | <i>Sloanea aff. Megapylla</i> | Elaeocarpaceae |
| 57 | Huito Caspi | <i>Genipa americana</i> | Rubiaceae |
| 58 | Ingira | <i>Chloropora tinctoria</i> | Moraceae |
| 59 | Lacre | <i>Protium sp</i> | Burseraceae |
| 60 | Lejía Caspi | <i>Sin identificación</i> | |
| 61 | Loromicuna | <i>Ficus sp</i> | Moraceae |
| 62 | Machete Vaina | <i>Bahhimia longifolia</i> | Caesalpinaceae |
| 63 | Machin Zapote | <i>Quararibea sp</i> | Bombacaceae |
| 64 | Maria buena | <i>Lonchocarpus sp</i> | Fabaceae |
| 65 | Moto Huayo | <i>Caryodendron orinocensis</i> | Rubiaceae |
| 66 | Ochabaja | <i>Ruizodentro ovale</i> | Annonaceae |
| 67 | Ojé | <i>Ficus antihelmíntico</i> | Moraceae |
| 68 | Ojé Rosado | <i>Ficus glabrata</i> | Moraceae |
| 69 | Paliperro | <i>Vitex sp</i> | Verbenaceae |
| 70 | Parinari | <i>Couepie sp</i> | Chrysobalanaceae |
| 71 | Paujil Ruro | <i>Celtis schipii</i> | Umaceae |

Continúa CUADRO 1.2

| Nº | Especies | Nombre Científico | Familia |
|----|---------------|-------------------------------|----------------|
| 71 | Peine de mono | <i>Apeiba aspera</i> | Tiliaceae |
| 72 | Pisho | <i>Crudia galberrima</i> | Caesalpinaceae |
| 73 | Punga | <i>Bombax sp</i> | Bombacaceae |
| 74 | Rifari | <i>Miconia poeppigii</i> | Melastomaceae |
| 75 | Shimbillo | <i>Inga sp</i> | Mimosaceae |
| 76 | Tamamuri | <i>Brosimum sp</i> | Moraceae |
| 77 | Tushmo | <i>Dipholis sp</i> | Sapotaceae |
| 78 | Ubos | <i>Spondias mombin</i> | Anacardiaceae |
| 79 | Uchumullaca | <i>Trichillillia moritzii</i> | Meliaceae |
| 80 | Ucshaquiro | <i>Sclerolobium sp</i> | Caesalpinaceae |
| 81 | Uvilla | <i>Pourouma sp</i> | Moraceae |
| 82 | Yacushapana | <i>Terminalia amazónica</i> | Combretaceae |
| 83 | Yanchama | <i>Poulsenia armata</i> | Moraceae |
| 84 | Yutubanco | <i>Heisteria sp</i> | Olcaceae |
| 85 | Zapote | <i>Quararibea cordata</i> | Bombacaceae |

Fuente: OIMT – Organización Internacional de Maderas Tropicales.

1.4 COSTOS DE EXPLOTACIÓN DE ESTE RECURSO Y PRECIO COMERCIAL

Para la determinación de la fórmula que estable los precios de madera al estado natural, se empleó el concepto del valor residual, metodología que considera escoger el primer producto en la cadena de producción para el cual existe un mercado, en este caso madera aserrada.

El procedimiento para su cálculo requiere conocer el precio en el mercado de productos provenientes de la respectiva madera en pie y restarle la suma de todos los costos necesarios para obtener dicho producto o productos, incluyendo un margen adecuado para cubrir el riesgo y beneficio de la empresa. La diferencia representa el valor de la madera en pie.

La fórmula empleada es la siguiente

$$P_{\text{met}} = P_{\text{mt}} - (CP + GA + GF + CR + MG)$$

Donde:

P_{men} = Precio de la madera al estado natural

P_{mt} = Precio de venta de la madera

CP = Costo de producción (extracción y transporte)

GA = Gastos administrativos (5% de CP)

GF = Gastos financieros (18% de CP)

CR = Canon de reforestación

MG = Margen de ganancia (35% de la madera rolliza)

El Canon de Reforestación es el monto que abonan obligatoriamente los extractores forestales dedicados a la tala de árboles y aprovechamiento de productos forestales diferentes a la madera, con fines industriales o comerciales, en bosques naturales.

El Ministerio de Agricultura fija el monto y las características del canon de reforestación por metro cúbico de madera rolliza extraída. Los recursos recaudados se destinan exclusivamente a financiamiento de programas de reforestación y a reforzar la capacidad operativa de la administración, supervisión y control forestal.

Los costos de producción incluyen todos los gastos en que se incurre para la obtención y transformación de la madera; entre ellos se tienen:

- a) Costos de pre-extracción: Localización de la extracción, construcción de campamentos, vías de acceso principales, traslado de tractores, etc.
- b) Costos de extracción: Operaciones de tumbado y corta.
- c) Costo de transporte: Transporte menor (arrastre) y transporte mayor. Este último puede ser fluvial de madera rolliza (con balsas y/o bollas) y transporte terrestre (por carreteras a las industrias)
- d) Costos de transformación: Transformación primaria de la madera en los aserraderos.

Los gastos administrativos son todos aquellos en los que se incurre para el pago de personal, trámites, materiales de oficina, etc.

Los costos financieros son aquellos en los que el extractor incurre al financiar su campaña de extracción.

Se aplica la fórmula del precio de venta de madera al estado natural en base a los precios de madera aserrada de algunas especies los cuales se muestran en el Cuadro 1.5.

CUADRO 1.3

Precio de madera aserrada (P_{mt}) para el cálculo de madera en pie

| Categoría | Especie | Selva baja US\$/m ³ | Selva alta US\$/m ³ |
|-----------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| A | Caoba | 336,91 | 138,29 |
| B | Cedro | 159,03 | 88,00 |
| C | Tornillo | 79,20 | 98,06 |

En el Cuadro 1.4 se muestra el precio de la madera al estado natural (aplicando la formula anterior) de las especies maderables antes mencionadas:

CUADRO 1.4

Precio de la madera al estado natural (P_{men}) US\$/m³

| Lugar | Categoría | Especie | P_{mt} | CP | GA | GF | CR | MG | P_{men} |
|------------|-----------|----------|----------|-------|------|------|------|-------|-----------|
| Selva Baja | A | Caoba | 336,91 | 40,69 | 2,03 | 7,32 | 5,71 | 19,52 | 261,64 |
| | B | Cedro | 159,03 | 40,69 | 2,03 | 7,32 | 5,71 | 19,52 | 83,75 |
| | C | Tornillo | 79,20 | 40,69 | 2,03 | 7,32 | 3,14 | 18,62 | 7,40 |
| Selva Alta | A | Caoba | 138,29 | 44,12 | 2,21 | 7,94 | 5,71 | 20,99 | 57,32 |
| | B | Cedro | 88,00 | 44,12 | 2,21 | 7,94 | 5,71 | 20,99 | 7,03 |
| | C | Tornillo | 98,06 | 44,12 | 2,21 | 7,94 | 3,14 | 20,99 | 20,56 |

1.4.1 Precio comercial

Los precios comerciales de las especies maderables más comunes que se muestran en el siguiente cuadro fueron recolectados en las diversas madereras de la ciudad. Dichas madereras son las más conocidas por los compradores; algunas de ellas son difundidas por los medios de comunicación visual y de audio, tal es el caso del Parque Industrial de Villa el Salvador, que es mencionado líneas abajo.

CUADRO 1.5
Precio de maderas en Lima

| Madera | Und | Precio (S/.) |
|------------|-----|--------------|
| Capirona | pt | 2.50 – 2.90 |
| Copaiba | pt | 2,40 |
| Cumala | pt | 2.80 – 2.20 |
| Cachimbo | pt | 2.30 – 2.50 |
| Higuerilla | pt | 2.00 |
| Huairuro | pt | 4.00 |
| Moena | pt | 3.20 – 3.50 |
| Pashaco | pt | 2.50 |
| Roble | pt | 3.80 – 4.50 |
| Tornillo | pt | 3.30 – 3.80 |
| Utucuro | pt | 2.90 |

La unidad de compra y venta comercial de madera en el mercado es el pie tablar (pt), el cual es obtenido al multiplicar las siguientes dimensiones:

$$1\text{pt} = 1\text{pie} \times 1\text{pie} \times 1\text{pulgada}$$

Equivalencias:

- 1 pie tablar (pt) = 2360 cm³
- 1m³ = 424 pt

Algunos lugares de venta de estas especies en cuatro zonas de Lima se muestran en el siguiente cuadro:

CUADRO 1.6

| CONOS | UBICACIÓN |
|-------------------|--|
| Cono Este | Av. Próceres de la Independencia N° 2976 |
| Cono Norte | Av. El Pacifico N° 133 – Independencia |
| Cono Sur | Parque Industrial Villa El Salvador |
| Carretera Central | Av. Los Ingenieros 227 - Ate |

CUADRO 1.7**Medidas de comercialización de maderas**

| PRODUCTO | ESPESOR (pulg) | ANCHO (pulg) | LARGO (pies) |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Madera comercial | 2", 3" y 4" | < 5" | > 6' |
| Madera larga angosta | 2" a 4" | < 5" | > 6' |
| Madera corta | > 2" | > 2" | < 6' |

En los países andinos existen diferentes sistemas de medidas en uso para la construcción con madera. A pesar de que la legislación de todos ellos considera al sistema métrico como el sistema vigente, la costumbre mayoritaria en el Perú es todavía usar el sistema inglés para las dimensiones nominales o comerciales.

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MADERA "HIGUERILLA"

El presente capítulo presenta información detallada de la madera "Higuerilla" *Micandra spruceana*. Información referida a su procedencia, características principales para poder reconocerla, distribución y hábitat. Información que fue recopilada de la Confederación Peruana de la Madera (CPM) y WWF (Organización Independiente de Conservación).

2.1 Procedencia

Se encuentra en terrenos firmes o parcialmente inundados en el bosque húmedo tropical (bh-T), en los departamentos de San Martín, Huánuco, Pasco y Ucayali.

Figura 2.1. Procedencia de la madera Higuerilla



2.2 Descripción del árbol en pie

Árbol: De tronco cilíndrico, que alcanza hasta 35 metros de altura total y 80 centímetros de diámetro a la altura del pecho. Presenta ramificación desde el segundo tercio y en la base aletones poco desarrollados de hasta 80 centímetros de alto.

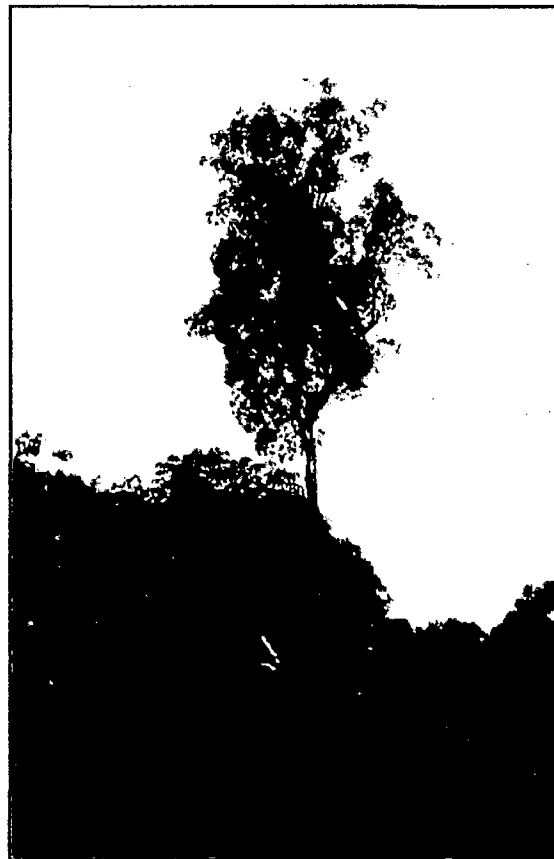


Figura 2.2 Árbol Higuerilla

La corteza externa es de color marrón rojizo, agrietado con separaciones de 1 a 3 centímetros entre sí; se desprende en placas más o menos rectangulares. La corteza interna está compuesta de dos capas, una externa compacta blanquecina y otra interna laminar, de color pardo blanquecino, de unos 3 milímetros de espesor. Al corte con el machete exuda látex blanco, abundante y ligeramente amargo.

Trozos: Presentan la albura y el duramen marcadamente diferenciados. La albura mide de 5 a 10 centímetros de espesor, tiene madera de color amarillento y el duramen es de color rojo. El diámetro promedio es de 21" a 27".



Figura 2.3 Corteza externa

Hojas: Simples, alternas, ovadas u oblongas y dispuestas en espiral, de 14 a 23 centímetros de longitud, con dos estípulas lineales y caedizas y peciolo largos, tienen dos glándulas con forma de pequeños discos, poco prominentes, en la parte superior del peciolo, cerca de donde éste se inserta a la lámina de la hoja. Ramitas jóvenes angulosas, de color pardo, con pelitos cortos o glabras, lustrosas y rígidas.

Flores: Pequeñas y unisexuales, de 4 a 7 milímetros de longitud, dispuestas en manojos terminales de 3 a 6 centímetros de longitud. Especie monoica con flores femeninas y masculinas en cada inflorescencia. Florece a fines de la estación seca.

Fruto: Cápsula globosa o algo irregular, leñoso, de 4 a 6 centímetros de diámetro. Se abre en tres valvares o partes. Contiene semillas de 2 centímetros de longitud que son marrones y lustrosas. Frutos maduros a inicios de la estación de lluvias. Presenta buena regeneración natural.

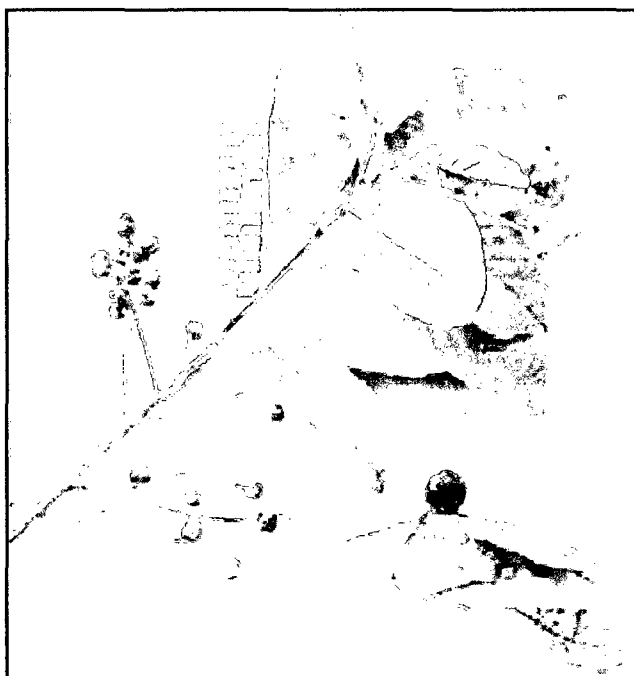


Figura 2.4 Hojas y frutos

2.3 Observaciones para el reconocimiento de la especie

Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco rosáceo y las capas internas (duramen) de color rojo oscuro a marrón y de forma regular, observándose entre ambas capas un gran contraste de color. En la madera seca al aire la albura se torna de color rosado pardo HUE 7/4 5YR y el duramen marrón rojizo oscuro HUE 5/4 5YR. (*Munsell Soil Color Charts*).

Olor: No distintivo.

Lustre o brillo: Opaco o medio.

Grano: Recto.

Textura: Gruesa.

Veteado o figura: Bandas paralelas de color oscuro, líneas verticales. Arcos superpuestos que presentan vetas claras y oscuras.

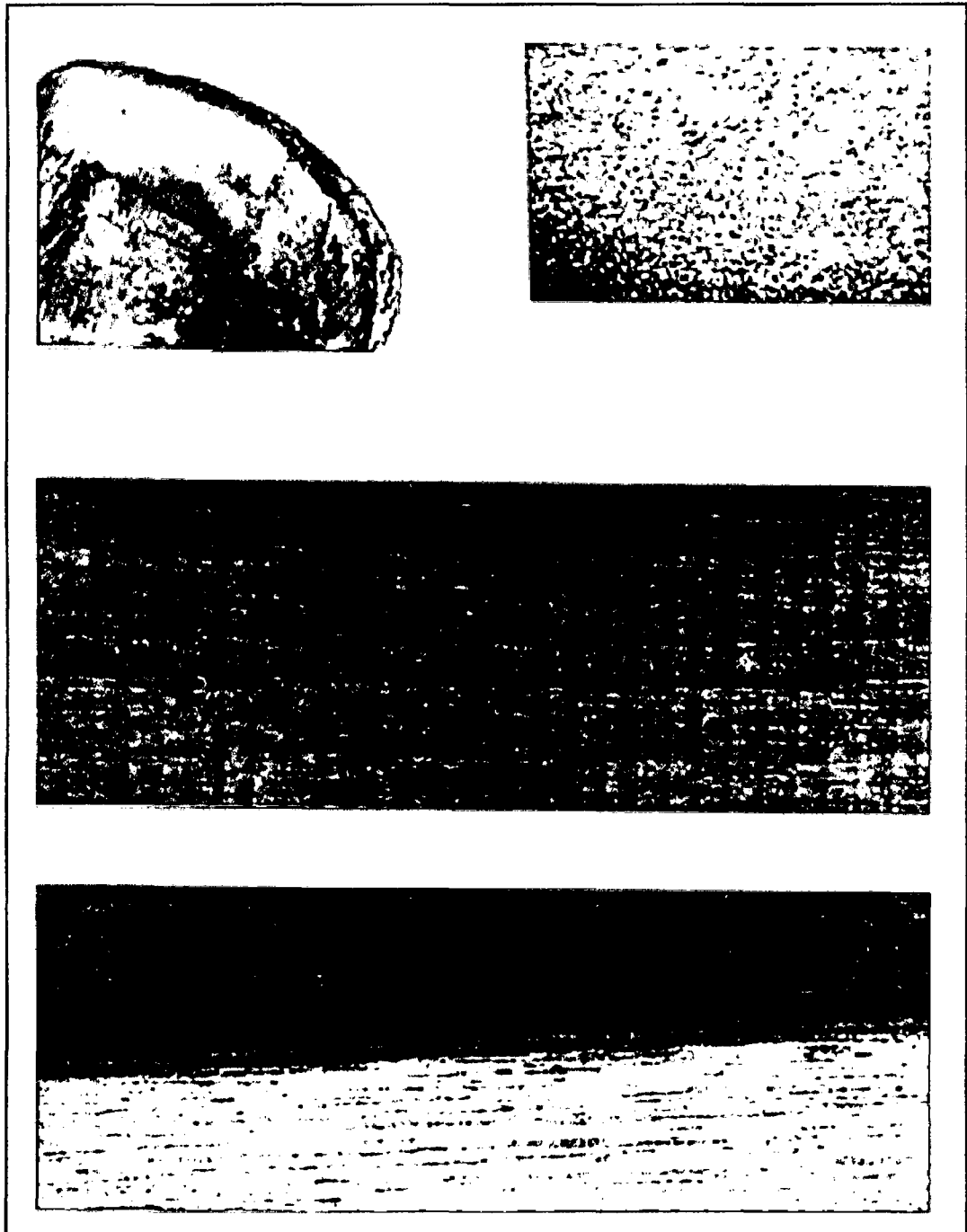


Figura 2.5 Características organolépticas.

2.4 Distribución y hábitat

Se encuentra distribuida en altitudes entre 0 a 500 m.s.n.m. en la Amazonía del Perú, Colombia y en el centro de Brasil. Habita en los bosques primarios, secundarios y transicionales de la Amazonía.

Se desarrolla en la formación ecológica de bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PT), en ámbitos con pluviosidad elevada y constante, frecuente en bosques primarios, suelos arcillosos, con tendencia ácida bien drenados, con fertilidad y pedregosidad variables, prospera en zona de terrazas.

CUADRO 2.1

PRODUCCIÓN DE MADERA ROLLIZA Y ASERRADA POR ESPECIE AÑO
2009

| ESPECIE | | MADERA ROLLIZA M3 | MADERA ASERRADA M3 |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Nombre Común | Nombre Científico | | |
| Eucalipto | <i>Eucalyptus sp</i> | 330428 | 40779 |
| Cumala | <i>Virola sp, Iryanthera sp</i> | 160047 | 63249 |
| Tornillo | <i>Cedrelinga catenaeformis</i> | 197854 | 104364 |
| Lupuna | <i>Chorisia integrifolia</i> | 154314 | 18388 |
| Shihuahuaco | <i>Coumarouna odorata</i> | 155878 | 24724 |
| Capirona | <i>Calycophyllum spruceanum</i> | 127039 | 32925 |
| Cachimbo | <i>Cariniana domesticata</i> | 65520 | 29935 |
| Bolaina | <i>Guazuma crinita</i> | 52172 | 12115 |
| Copaiba | <i>Copaifera reticulata</i> | 49752 | 20769 |
| Moena/amarilla/blanca | <i>Aniba spp</i> | 47074 | 21332 |
| Catahua | <i>Hura crepitans</i> | 44603 | 16599 |
| Pumaquiro | <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> | 43448 | 22133 |
| Otras especies | | 43026 | 5722 |
| Pino | <i>Pinus radiata</i> | 41179 | 5154 |
| Cedro | <i>Cedrela odorata</i> | 39868 | 16971 |
| Cedro huasca | <i>Cedrela sp</i> | 290 | 119 |
| Cedro de bajeal | <i>Cedrela fissilis</i> | 1850 | 2650 |
| Cedro virgen | <i>Cedrela montana</i> | 4544 | 1653 |
| Pashaco | <i>Schizolobium amazonicum</i> | 37047 | 18473 |
| Huayruro | <i>Ormosia sunkei</i> | 32925 | 7821 |
| Quinilla | <i>Manilkara bidentata</i> | 31073 | 1705 |
| Missa | <i>Couratari guianensis</i> | 25250 | 12813 |
| Estoraque | <i>Myroxylon balsamun</i> | 25019 | 3862 |
| Capinuri | <i>Clarisia biflora</i> | 22815 | 113 |
| Manchinga | <i>Brosimum alicastrum</i> | 20813 | 11949 |
| Aguano masha/cumala | <i>Paramacherum ormosoide</i> | 15026 | 6439 |
| Quina quina | <i>Pouteria torta</i> | 10507 | 5336 |
| Marupa | <i>Simarouba amara</i> | 9845 | 4393 |
| Ishpingo | <i>Amburana cearensis</i> | 9163 | 3561 |
| Tahuari | <i>Tabebuia sp</i> | 9032 | 4100 |
| Huimba | <i>Ceiba pentandra</i> | 8817 | 2425 |
| Azúcar huayo | <i>Hymenaea oblongifolia</i> | 8353 | 2156 |
| Catuaba | <i>Erythroxylum catuaba</i> | 8261 | 4223 |
| Lanchan | <i>Poulsania armata</i> | 7681 | 3903 |
| Sapote | <i>Matisia spp</i> | 7142 | 3902 |

Continúa CUADRO 2.1

| ESPECIE | | MADERA ROLLIZA M3 | MADERA ASERRADA M3 |
|---------------------|---|-------------------------|--------------------------|
| Nombre Común | Nombre Científico | | |
| Utucuro | <i>Septotheca tessmannii</i> | 6975 | 2669 |
| Roble | | 6797 | 3139 |
| Matapalo | <i>Ficus killipii</i> | 6559 | 3412 |
| Huangana casho | <i>Sloanea sp</i> | 6519 | 889 |
| Lagarto caspi | <i>Calophyllum brasiliense</i> | 6504 | 2788 |
| Achihua | <i>Huberodentron swietenoides</i> | 6204 | 3170 |
| Yacushapana | <i>Terminalia oblonga</i> | 6076 | 1359 |
| Caoba | <i>Swietenia macrophylla</i> | 5200 | 2740 |
| Copal, Incienzo | <i>Protium sp</i> | 4968 | 2474 |
| Árboles frutales | | 4239 | |
| Nogal | <i>Junglans neotropica</i> | 4211 | 1673 |
| Leche caspi | <i>Lucuma sp</i> | 4043 | 2228 |
| Ana caspi | <i>Apuleia sp</i> | 4023 | 718 |
| Andiroba | <i>Carapa guianensis aublet</i> | 3976 | 1367 |
| Requia | <i>Guarea kunthiana</i> | 3950 | 1325 |
| Higuerilla | <i>Cunuria spruceana</i> | 3667 | 1853 |
| Yanchama | <i>Poulsenia armata (miq) standl.</i> | 3656 | 1681 |
| Saccca | | 3182 | 1657 |
| Ojé | <i>Ficus antithelmintica</i> | 3167 | 1713 |
| Faique | <i>Acacia machracantah. b.l.</i> | 3029 | |
| Mashonaste | <i>Clarisia racemosa</i> | 2922 | 1203 |
| Palo blanco | <i>Celtis triflora</i> | 2799 | 1736 |
| Huabilla | | 2590 | 1349 |
| Paca paca | | 2560 | 1333 |
| Alcanfor | <i>Ocotea costulata/Cinnamomun camphora</i> | 2505 | 1300 |
| Palisangre | <i>Brosimum rubescens</i> | 2410 | 606 |
| Ishpinguillo | <i>Ocotea jelskii</i> | 2306 | 1157 |
| Charqui | | 2283 | 1103 |
| Papelillo | | 2259 | 1328 |
| Inca paca | <i>Vismia sp</i> | 2187 | 1083 |
| Romerillo | <i>Podocarpus rospigiosi</i> | 2100 | 1094 |
| Laurel | <i>Nectandra rediculata</i> | 1943 | 1018 |
| Tulpay | | 1912 | 827 |
| Panguana | <i>Brosimum utile</i> | 1866 | 697 |
| Sachapalta, Junjuli | <i>Persea coerulea</i> | 1713 | 871 |
| Sempo | | 1554 | 810 |
| Chamiza | | 1551 | 561 |

Continúa CUADRO 2.1

| ESPECIE | | MADERA ROLLIZA M3 | MADERA ASERRADA M3 |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Nombre Común | Nombre Científico | | |
| Manzano | <i>Couma sp, Miconia sp</i> | 1549 | 1017 |
| Azufre | <i>Symphonia globulifera</i> | 1544 | 809 |
| Huamanchilca | <i>Brosimum sp</i> | 1497 | 894 |
| Renaco | <i>Ficus sp</i> | 1469 | 794 |
| Leche leche | | 1424 | 742 |
| Pino chuncho | <i>Schizolobium amazonicum</i> | 1316 | 658 |
| Marañón del monte | | 1311 | 673 |
| Almendro | <i>Caryocar microcarpon</i> | 1184 | 423 |
| Atoc cedro | | 1179 | 614 |
| Quillobordón | <i>Aspidosperma subincanum</i> | 1155 | 484 |
| Aguanillo | <i>Otoba parviflora</i> | 1145 | 611 |
| Shimbillo | <i>Inga sp</i> | 1040 | 538 |
| Palto moena | <i>Lureceae sp, Mezilaurus sp</i> | 1032 | 502 |
| Loro micuna | <i>Macoubea guianensis</i> | 1011 | 459 |
| Banderilla | | 1003 | 370 |
| Goma | | 993 | 504 |
| Caimito | <i>Pouteria neglecta</i> | 840 | 419 |
| Sangre sangre | | 730 | 380 |
| Espino | | 725 | |
| Tacho | <i>Terminalia sp</i> | 660 | 344 |
| Alkocspi | <i>Vochisia sp</i> | 652 | 311 |
| Uvilla | <i>Pourouma cecropiaefolia</i> | 645 | 352 |
| Palo Leche | <i>Couma sp</i> | 636 | 315 |
| Machimango | <i>Ochroma pyramidale</i> | 574 | 180 |
| Chancaquero | | 573 | 291 |
| Higuerón | <i>Ficus casipiensis</i> | 572 | 298 |
| Huacaycha | | 555 | 294 |
| Charapilla | <i>Dipteryx odorata</i> | 545 | 1 093 |
| Chalanque | | 511 | 266 |
| Lobo sanango | | 500 | 260 |
| Rifari | <i>Miconia sp</i> | 495 | 292 |
| Pochotoraque | | 492 | 185 |
| Topa | <i>Ochroma pyramidale</i> | 473 | 237 |
| Palo agua | | 458 | 168 |
| Palo Colorado | | 458 | 243 |
| Saucesillo | <i>Podocarpus oleifolia d.</i> | 458 | 238 |
| Chontaquiro | <i>Diplotropis sp</i> | 428 | 212 |

Continúa CUADRO 2.1

| ESPECIE | | MADERA ROLLIZA M3 | MADERA ASERRAD A M3 |
|-----------------|---|-------------------------|------------------------------|
| Nombre Común | Nombre Científico | | |
| Caraña | <i>Protium carana, Trattinickia peruviana</i> | 418 | 211 |
| Pacay shimbillo | <i>Inga altissima</i> | 417 | 217 |
| Ochabaja | | 408 | 233 |
| Yutubanco | <i>Hymenaea oblongifolia huber</i> | 405 | 84 |
| Nieves | <i>Cordia rotundifolia</i> | 403 | 210 |
| Yanay | | 403 | 210 |
| Sauce | <i>Salix sp</i> | 398 | 207 |
| Cedrillo | <i>Vochysia vismiifolia spruce ex warming</i> | 381 | 181 |
| Michicallo | <i>Schweilera coracea</i> | 375 | 196 |
| Palo azúcar | | 374 | 247 |
| Papelillo caspi | <i>Cariniana decandra</i> | 365 | 499 |
| Mari mari | | 363 | 158 |
| Pama | | 351 | 183 |
| Chichero | | 330 | 172 |
| Casho | <i>Anacardium occidentale</i> | 315 | 164 |
| Palo sangre | <i>Hyeronima alchorneoides</i> | 311 | 112 |
| Palo baston | <i>Crepidosperrmun goudotianum</i> | 301 | 17 |
| Nogalillo | <i>Cedrela dugesii</i> | 292 | 148 |
| Casuarina | | 280 | 8 |
| Paltilla | | 275 | 143 |
| Chunqui | | 259 | 135 |
| Pacae blanco | | 258 | 105 |
| Algarrobo | <i>Prosopis pallida</i> | 246 | |
| Huarango | <i>Acacia machracantah. b.l.</i> | 235 | |
| Romerillo macho | <i>Nageia rospigliosi</i> | 233 | 165 |
| Tarco | | 227 | 118 |
| Huillca | | 215 | 112 |
| Arenilla | | 213 | 99 |
| Lechero | <i>Acalypha sp</i> | 212 | 110 |
| Yanacorazon | | 205 | 107 |
| Lucma | <i>Toyonita sp</i> | 200 | 100 |
| Caimitillo | <i>Pouteria reticulata</i> | 193 | 100 |
| Sachahuasca | <i>Trema spp</i> | 182 | 79 |
| Duraznillo | <i>Solanum nigrum</i> | 180 | 94 |
| Goma goma | | 180 | 94 |
| Puca puca | <i>Sickingia wiliamsii</i> | 173 | 90 |
| Guayo | | 172 | 90 |

Continúa CUADRO 2.1

| ESPECIE | | MADERA ROLLIZA M3 | MADERA ASERRADA M3 |
|----------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| Nombre Común | Nombre Científico | | |
| Trago trago | | 170 | 88 |
| Capiu | | 169 | 88 |
| Palo amarillo | | 166 | 128 |
| Ulcumano | | 148 | 61 |
| Aceite caspi | | 114 | 59 |
| TOTAL GENERAL | | 2 048 718 | 625 769 |

FUENTE : Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre
ELABORACIÓN : MINAG-Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre

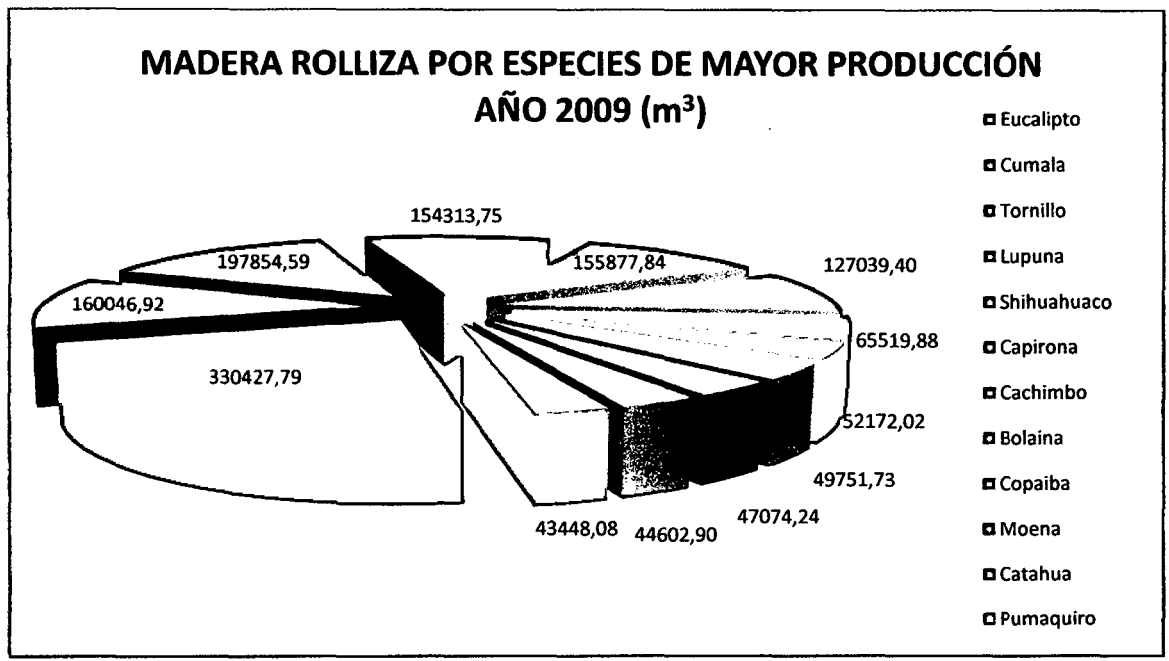


Figura 2.6

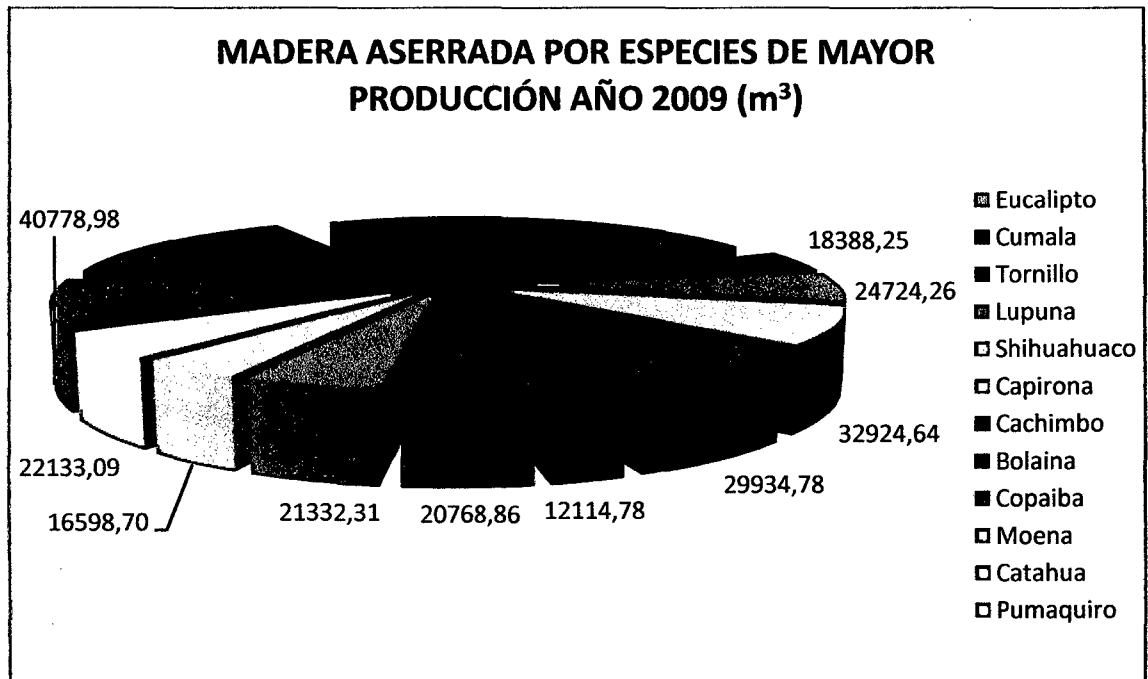


Figura 2.7

CAPÍTULO III: NORMAS Y MÉTODOS DE ENSAYO DE LA MADERA ASERRADA PARA USO ESTRUCTURAL

En este capítulo se mencionan las Normas Peruanas que fueron usadas para la realización de los ensayos físicos y mecánicos de la especie maderable Higuierilla, con la finalidad de determinar su utilización estructural en el campo de la construcción.

Éstas se refieren al muestreo y colección de especímenes, la clasificación visual, los ensayos de propiedades físicas (contenido de humedad y densidad básica) y ensayos mecánicos (ensayo de flexión estática en probetas y ensayos de flexión en vigas a escala natural).

3.1 NORMAS APLICABLES

Las Normas Técnicas Peruanas a consultar son las siguientes:

- Muestreo y Colección de Especímenes N.T.P. 251.008
- Contenido de Humedad N.T.P 251.010
- Densidad Básica N.T.P 251.011
- Ensayo de Flexión Estática en Probetas N.T.P 251.017
- Ensayo de Flexión en Vigas a Escala Natural N.T.P 251.107

La Clasificación Visual de especímenes se realizó según la R.N.E- E-010/ININVI Agrupamiento de Maderas para Uso Estructural.

3.2 MUESTREO Y COLECCIÓN DE ESPECÍMENES

Los especímenes para los ensayos de las vigas sometidas a flexión a escala natural, como para los ensayos en probetas pequeñas libres de defectos, se obtuvieron de 6 trozas, cada una de un árbol diferente y teniendo en cuenta la norma N.T.P. 251.008- ITEM 4.3.2.2.1; que da tantas para obtener valores promedio de las propiedades físicos-mecánicas.

El muestreo se realizó a nivel de trozas y los criterios de selección fueron:

- Que las trozas procedan de árboles sanos, de fuste recto y sin tensiones.
- La muestra se obtuvo de seis árboles diferentes, debido que la norma pide como mínimo que los especímenes provengan de cinco árboles diferentes, para

que los resultados sean representativos (Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E. 010 – Madera, 2006).

- La etapa del corte se realizó en las instalaciones del mismo aserradero.
- Para el muestreo se obtuvieron seis cuartones (uno de cada troza)
- Se procedió a aserrar los cuartones de “Higuerilla” dándole un dimensionamiento de 4 cm x 14 cm de sección transversal y 310 cm de longitud para las vigas a escala natural. En total se obtuvieron 6 vigas por cuartón, haciendo un total de 36 vigas.
- Para los ensayos de flexión estática de probetas libre de defectos se obtuvieron 40 probetas de 5 cm x 5 cm de sección transversal y 75cm de longitud (70 cm de luz) según Norma N.T.P. 251.017
- Posteriormente se cepillaron todos los especímenes.
- Enseguida a los especímenes, del ensayo de flexión en vigas a escala natural se le aplicó la N.T.P. 251.104 Madera Aserrada para Uso Estructural Clasificación Visual y requisitos resultando aptas 30 vigas para dicho ensayo.

3.3 REGLA DE CLASIFICACIÓN VISUAL

La clasificación visual de los especímenes de ensayos de vigas a escala natural se realizó según la N.T.P. 251.104, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **ALABEOS**
 - a) Abarquillado
 - b) Arqueadura
 - c) Encorvadura
 - d) Torcedura
- **ARISTA FALTANTE**
- **DURAMEN QUEBRADIZO**
- **ESCAMADURA O ACEBOLLADURA**
- **FALLAS DE COMPRESIÓN**

- GRANO INCLINADO
- GRIETA
- MÉDULA
- NUDOS
 - a) Nudo Sano
 - b) Nudo Hueco
 - c) Nudos Arracimados
- PARÉNQUIMA
- PERFORACIONES
 - a) Perforaciones Pequeñas
 - b) Perforaciones Grandes
- RAJADURAS

CUADRO 3.1
DEFECTOS SEGÚN CLASIFICACION VISUAL

| DEFECTOS | CANT. | PORCENTAJE O TOLERANCIA SEGUN NORMA NTP 251.104 | PORCENTAJE DE MUESTRA | CONCLUSION |
|------------------------------|-------|--|------------------------------------|------------------|
| ALABEO Abarquillado | 0 | | | No se Permite |
| Arqueadura | 2 | 0.30% | 0.50% | |
| Encorvadura | 0 | | | |
| ARISTA FALTANTE | 0 | | | No se Permite |
| DURAMEN QUEBRADIZO | 0 | | | |
| ESCAMADURA O ACEBOLLADURA | 0 | | | |
| FALLAS DE COMPRESIÓN | 1 | | | |
| GRANO INCLINADO | 0 | | | |
| GRIETA Ancho | 0 | | | |
| MÉDULA | 0 | | | |
| NUDOS | 0 | | | |
| PARÉNQUIMIA | 0 | | | |
| PERFORACIONES | 0 | | | |
| RAJADURAS | 1 | solo 1 extremo | 1 extremo mayor que el ancho | No se Permite |
| TOTAL DEFECTUOSAS | 4 | | | |

3.4 ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS

Para conocer las propiedades físicas de los especímenes, se realizaron ensayos de contenido de humedad y de determinación de la densidad básica.

3.4.1 Contenido de humedad

Para la determinación del contenido de humedad de las muestras se tomo como referencia la Norma N.T.P.251.010.

Se utilizó el método de secado en estufa, para lo cual se utilizó una estufa eléctrica con termorregulador y una balanza de precisión. Se tomó muestras de la parte central y de la zona más próxima a la falla de las vigas a escala natural, preparándose probetas consistentes en prismas rectos de 3 cm por 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud.

Para los especímenes de los ensayos de flexión estática en probetas libres de defectos, se prepararon probetas no menores a 25 mm a lo largo del grano y un volumen no menor de 33 cm³ según la Norma N.T.P.251 .010

Se pesan las muestras y se colocan en el horno a 103 ° C ± 20° C por no menos de 20 horas. Se retiran de la estufa las muestras y se dejan enfriar; luego se pesan. Se repite el proceso hasta alcanzar un peso constante.

El contenido de humedad se obtiene aplicando la fórmula siguiente:

$$CH = \frac{(G - G_1) \times 100}{G_1}$$

Donde:

CH = Es el contenido de humedad

G = Es el peso original de la muestra (g)

G₁ = Es el peso anhidro (g)

3.4.2 Densidad básica

Para la determinación de la densidad básica se tomó como referencia la Norma N.T.P. 251.011.

Los especímenes se obtuvieron después de los ensayos de flexión.

De flexión de vigas a escala natural, de la zona central de la viga, donde se dan los mayores esfuerzos tomando probetas de 3 cm x 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud.

De flexión estática en probetas libres de defectos, se tomaron probetas de 5 cm x 5 cm de sección transversal y 10 cm de longitud.

La variación de las condiciones de humedad de un ensayo a otro son mínimas considerando que el tiempo de realización según el cronograma de ensayos es de periodo corto, las condiciones ambientales son estables y que las maderas demoran años en secar en condiciones normales, especialmente a temperaturas como la de Lima, 14°C - 17 °C aproximadamente en el mes de agosto.

Para este ensayo se necesita una balanza de precisión, probeta graduada para determinar volúmenes por inmersión y una estufa eléctrica con termorregulador. Las probetas se pesaron y luego se saturaron en agua 20 horas. Se pesaron repetidamente hasta alcanzar peso constante y a continuación se midió en la probeta graduada su volumen en forma indirecta por inmersión en agua. Se registró el volumen inicial y final de la probeta; la diferencia de volúmenes se registró y se tomó como el volumen de la muestra en estado saturado.

Las muestras se colocan al horno a 103 ± 2°C se retiraron y se pesaron; se repitió este proceso hasta obtener peso constante. La densidad básica resulta de la relación entre el peso de la probeta anhidra y el volumen en estado saturado de las probetas.

$$DB = \frac{W_{anh}}{V_{sat}}$$

Donde:

DB = Es la densidad básica (g/cm³)

W_{anh} = Es el peso anhidro de la muestra (g)

V_{sat} = Es el volumen saturado de la muestra (cm³)

3.5 ENSAYOS DE PROPIEDADES MECÁNICAS

3.5.1 Ensayo de flexión estática en probetas

Especie:

La especie a ensayarse es la especie forestal "Higuerilla" *Micrandra spruceana*.

Tamaño de las probetas:

El ensayo de la flexión estática se realizó en probetas de 5 cm x 5 cm de sección transversal y 75 cm de longitud (70 cm de luz libre entre apoyos) siguiendo la Norma N.T.P. 251.017

Números de probetas:

El número total de especímenes ensayados fue de 30.

Método y forma de acondicionamiento:

Se hizo un acondicionamiento en condiciones normales de trabajo, almacenándolas en un lugar seco y bajo techo.

Equipo Usado:

Se empleo una prensa universal de 15000 kg en la cual se instalo un sistema de apoyo normalizado y un deflectómetro de precisión de 1 mm/vuelta.

Método de Ensayo:

Se colocan las muestras en la prensa debidamente preparada, se miden las deformaciones cada 100 kg para luego poder dibujar la curva carga - deformación, se mide también la carga en la que ocurre la falla; de ser posible se analiza la falla ocurrida mediante una descripción.

Información que pueda influir en los resultados:

Cuidar también que la carga sea aplicada sobre la cara tangencial de la probeta más próxima a la medula. La velocidad de la aplicación de la carga en el ensayo debe ser constante y del orden de 1.3 mm de desplazamiento por minuto, para evitar efectos de impacto.

Resultados:

De los ensayos en flexión en probetas se obtienen los siguientes resultados

- a.- Curvas de carga - deformación para cada ensayo
- b.- Valores de las cargas de rotura
- c.- Descripción de las fallas

3.5.2 Ensayo de flexión en vigas a escala natural

- Se ensayaron 30 vigas de 4 cm x 14 cm de sección transversal y 310 cm de longitud en condición de secado al aire, para lo cual se mantuvo las vigas en un ambiente de condiciones normales de trabajo, almacenándolas en un lugar protegido contra el sol, la lluvia y el contacto con el suelo, durante 15 días.
- Se realizó el muestreo, clasificación visual según el manual de diseño para maderas del grupo andino PADT REFORT. Además los especímenes cumplen con los requisitos exigidos por la N.T.P. 251.101 para madera de uso estructural.

Método de Ensayo:

Se realizaron los ensayos siguiendo la norma N.T.P. 215.107. Las vigas se colocan simplemente apoyadas a una distancia de 3m de separación. Se aplicaron las cargas a los tercios mediante una prensa, a una velocidad aproximadamente constante, alcanzando la carga máxima en no menos de 6 ni más de 20 minutos. La deformación se tomó en el centro de luz con la ayuda de un deflectómetro de 1mm/vuelta. Midiéndose el desplazamiento vertical de un punto en la base de la viga con respecto a un punto fijo. Las deformaciones son tomadas cada 50 kg para poder elaborar la curva carga - deformación, midiéndose además, la carga de falla.

Equipo utilizado

Se utilizó una prensa hidráulica de suficiente capacidad, a la que se le acondicionaron unos apoyos en los extremos, distanciados 3m. Se colocaron arriostres para evitar el pandeo lateral de la viga. Las cargas se aplicaron mediante gatas hidráulicos, ubicados en los tercios de luz de la viga.

Resultados:

De los ensayos de flexión en vigas a escala natural se pueden obtener los siguientes resultados

- Diagrama carga -deformación para cada ensayo.
- Valores de carga de rotura.
- Modo de falla.

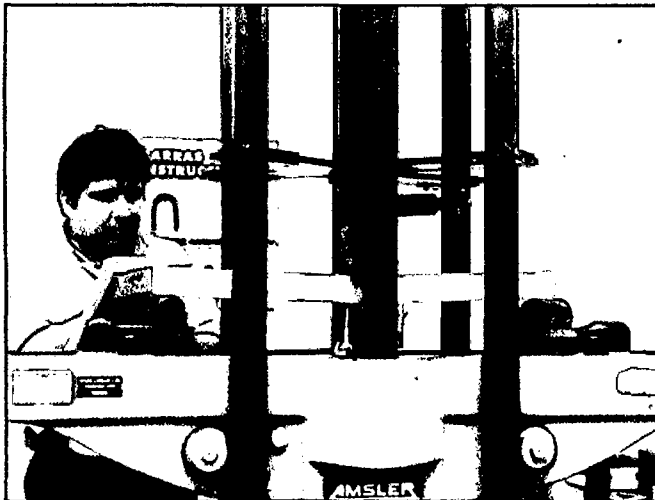


Figura 3.1: En la figura se muestra el ensayo de la probeta $5 \times 5 \text{ cm}^2$ de sección y longitud de 75 cm

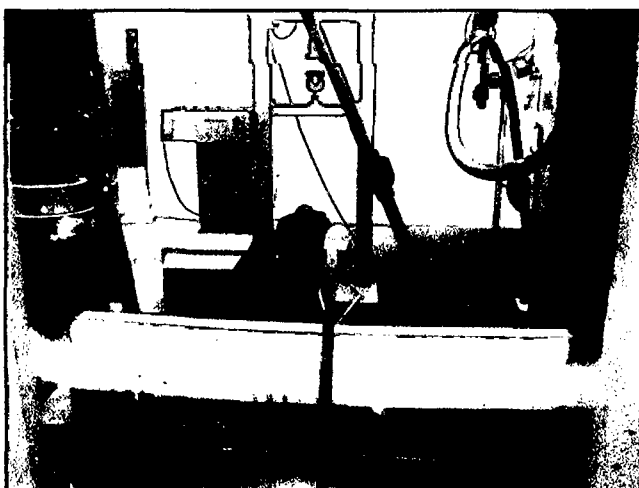


Figura 3.2: En la figura se muestra el ensayo a flexión de una viga a escala natural de $4 \times 14 \text{ cm}^2$ de sección y longitud de 310 cm

CAPÍTULO IV: ENSAYOS FÍSICO – MECÁNICOS SEGÚN N.T.P

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del laboratorio después de realizar los ensayos a las probetas y vigas a escala natural.

Se indican para cada una de las probetas y vigas a escala natural el Contenido de Humedad, Densidad Básica y los resultados de los Ensayos de Flexión Estática.

4.1 PROPIEDADES FÍSICAS

Se realizaron los ensayos en conformidad a lo mencionado en el capítulo anterior. Todos los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, con la asesoría del personal técnico y de la asesora de la presente tesis.

4.1.1 Contenido de humedad (N.T.P. 251.010)

El contenido de humedad es el porcentaje en peso que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la muestra anhidra.

$$CH = \frac{(G - G_1)}{G_1} \times 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad. (%)

G = Peso original de la muestra (g)

G₁ = Peso de la muestra anhidra (g)

Para la realización de este ensayo se tomó como referencia la N.T.P. 251.010 Dependiendo del contenido de humedad que presentan las muestras se pueden clasificar en:

CUADRO 4.1

| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | CLASIFICACIÓN |
|--------------------------|------------------|
| Menor a 20% | Seca al aire |
| Entre 20% y 30% | Húmeda |
| Mayor a 30% | Saturada o verde |

Fuente: PADT – REFORT / JUNAC, 1984

Se obtuvieron los siguientes resultados para el ensayo de Contenido de Humedad de las probetas libres de defectos de la especie forestal “Higuerilla” *Micandra spruceana* realizadas en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería que se muestran en el Cuadro 4.2.

También se muestra en el Cuadro 4.3, los resultados del Contenido de Humedad para las muestras tomadas del ensayo de Flexión en las Vigas a escala Natural realizadas en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

CUADRO 4.2

Especie: Higuierilla

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRAS 3x3x10 cm
EXTRAÍDAS DE CADA VIGA A ESCALA NATURAL DE 4x14x310
cm

| PROBETA | PESO HUMEDO (g) | PESO SECO (g) | CONTENIDO HUMEDAD (%) |
|----------------------|-----------------|---------------|-----------------------|
| 1 | 65.5 | 45.5 | 30.53 |
| 2 | 60.5 | 44.0 | 27.27 |
| 3 | 69.0 | 46.5 | 32.61 |
| 4 | 61.0 | 41.0 | 32.79 |
| 5 | 65.0 | 52.0 | 20.00 |
| 6 | 67.0 | 46.0 | 31.34 |
| 7 | 78.0 | 51.0 | 34.62 |
| 8 | 58.0 | 42.5 | 26.72 |
| 9 | 63.5 | 52.5 | 17.32 |
| 10 | 64.5 | 45.0 | 30.23 |
| 11 | 63.5 | 50.0 | 21.26 |
| 12 | 79.0 | 50.5 | 36.08 |
| 13 | 68.5 | 49.5 | 27.74 |
| 14 | 76.5 | 53.0 | 30.72 |
| 15 | 59.5 | 43.5 | 26.89 |
| 16 | 63.5 | 44.0 | 30.71 |
| 17 | 67.0 | 52.5 | 21.64 |
| 18 | 55.5 | 42.0 | 24.32 |
| 19 | 77.5 | 52.0 | 32.90 |
| 20 | 61.5 | 44.5 | 27.64 |
| 21 | 79.0 | 51.0 | 35.44 |
| 22 | 69.0 | 48.5 | 29.71 |
| 23 | 64.0 | 45.0 | 29.69 |
| 24 | 69.5 | 46.0 | 33.81 |
| 25 | 71.5 | 46.5 | 34.97 |
| 26 | 65.5 | 43.5 | 33.59 |
| 27 | 53.5 | 41.5 | 22.43 |
| 28 | 67.0 | 46.5 | 30.60 |
| 29 | 80.5 | 52.5 | 34.78 |
| 30 | 54.5 | 44.0 | 19.27 |
| 31 | 64.0 | 46.5 | 27.34 |
| 32 | 77.5 | 50.0 | 35.48 |
| 33 | 63.5 | 45.5 | 28.35 |
| PROMEDIO | | | 27.39 |
| DESV.ESTÁNDAR | | | 5.15 |

CUADRO 4.3**Especie: Higuierilla**CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRAS 5x5x2.5 cm
EXTRAÍDAS DE CADA PROBETA DE 5x5x75 cm

| PROBETA | PESO HUMEDO (g) | PESO SECO (g) | CONTENIDO HUMEDAD (%) |
|-----------------------|------------------------|----------------------|------------------------------|
| 1 | 42.0 | 31.5 | 25.00 |
| 2 | 44.0 | 32.5 | 26.14 |
| 3 | 45.5 | 36.0 | 20.88 |
| 4 | 42.5 | 33.5 | 21.18 |
| 5 | 49.5 | 34.0 | 31.31 |
| 6 | 42.0 | 33.5 | 20.24 |
| 7 | 40.5 | 30.5 | 24.69 |
| 8 | 42.0 | 31.5 | 25.00 |
| 9 | 45.5 | 35.5 | 21.98 |
| 10 | 39.0 | 30.5 | 21.79 |
| 11 | 42.5 | 33.5 | 21.18 |
| 12 | 41.0 | 31.0 | 24.39 |
| 13 | 45.0 | 32.5 | 27.78 |
| 14 | 44.0 | 35.0 | 20.45 |
| 15 | 39.0 | 30.5 | 21.79 |
| 16 | 42.5 | 31.0 | 27.06 |
| 17 | 44.0 | 28.5 | 35.23 |
| 18 | 40.0 | 31.5 | 21.25 |
| 19 | 47.0 | 36.5 | 22.34 |
| 20 | 45.0 | 31.5 | 30.00 |
| 21 | 45.0 | 24.5 | 45.56 |
| 22 | 38.5 | 30.5 | 20.78 |
| 23 | 40.0 | 31.5 | 21.25 |
| 24 | 46.0 | 33.5 | 27.17 |
| 25 | 39.0 | 25.5 | 34.62 |
| 26 | 43.0 | 33.5 | 22.09 |
| 27 | 47.5 | 31.5 | 33.68 |
| 28 | 43.0 | 34.0 | 20.93 |
| 29 | 40.0 | 32.0 | 20.00 |
| 30 | 44.5 | 28.5 | 35.96 |
| 31 | 42.5 | 32.5 | 23.53 |
| 32 | 40.5 | 31.5 | 22.22 |
| 33 | 38.5 | 30.5 | 20.78 |
| PROMEDIO | | | 23.95 |
| DESV. ESTÁNDAR | | | 5.98 |

4.1.2 Densidad básica (N.T.P. 251.011)

Para la realización de este ensayo se ha tomado como referencia la N.T.P. 251.011, Dependiendo de la densidad básica que presenta la muestra se pueden clasificar en:

CUADRO 4.4

| GRUPO | D.B. (gr/cm³) |
|--------------|-------------------------------------|
| A | > 0,7 |
| B | (0,56 – 0,70) |
| C | (0,40 – 0,55) |

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.010 – Madera, 2006

Se obtuvieron los siguientes resultados para el ensayo de Densidad Básica de las probetas libres de defectos de la especie forestal realizadas en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, que se muestra en el cuadro 4.5

También se muestran en el cuadro 4.6 los resultados de la Densidad Básica para las muestras tomadas del ensayo de flexión en las Vigas a escala Natural realizadas en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

CUADRO 4.5**Especie: Higuierilla**CÁLCULO DE LA DENSIDAD BÁSICA DE MUESTRAS 3x3x10 cm
EXTRAÍDAS DE CADA VIGA A ESCALA NATURAL DE 4x14x310 cm

| PROBETA | MUESTRA | PESO SECO (g) | VOLUMEN SATURADO (cm ³) | DENSIDAD BÁSICA (%) |
|-----------------------|---------|---------------|-------------------------------------|---------------------|
| 1 | A01 | 43.0 | 90.0 | 0.48 |
| 2 | A02 | 47.5 | 90.0 | 0.53 |
| 3 | A03 | 44.5 | 95.0 | 0.47 |
| 4 | A04 | 43.0 | 90.0 | 0.48 |
| 5 | A05 | 44.5 | 85.0 | 0.52 |
| 6 | A06 | 38.5 | 85.0 | 0.45 |
| 7 | A07 | 40.5 | 85.0 | 0.48 |
| 8 | A08 | 43.0 | 90.0 | 0.48 |
| 9 | A09 | 40.5 | 90.0 | 0.45 |
| 10 | A10 | 37.5 | 90.0 | 0.42 |
| 11 | A11 | 45.0 | 90.0 | 0.50 |
| 12 | A12 | 38.5 | 90.0 | 0.43 |
| 13 | A13 | 46.0 | 90.0 | 0.51 |
| 14 | A14 | 47.0 | 90.0 | 0.52 |
| 15 | A15 | 41.0 | 90.0 | 0.46 |
| 16 | A16 | 47.0 | 95.0 | 0.49 |
| 17 | A17 | 39.5 | 95.0 | 0.42 |
| 18 | A18 | 43.0 | 95.0 | 0.45 |
| 19 | A19 | 42.0 | 90.0 | 0.47 |
| 20 | A20 | 40.0 | 95.0 | 0.42 |
| 21 | A21 | 40.0 | 90.0 | 0.44 |
| 22 | A22 | 47.0 | 90.0 | 0.52 |
| 23 | A23 | 38.5 | 90.0 | 0.43 |
| 24 | A24 | 45.5 | 90.0 | 0.51 |
| 25 | A25 | 40.0 | 85.0 | 0.47 |
| 26 | A26 | 44.5 | 90.0 | 0.49 |
| 27 | A27 | 41.0 | 90.0 | 0.46 |
| 28 | A28 | 47.0 | 98.0 | 0.48 |
| 29 | A29 | 47.5 | 95.0 | 0.50 |
| 30 | A30 | 42.5 | 85.0 | 0.50 |
| 31 | A31 | 44.5 | 90.0 | 0.49 |
| 32 | A32 | 44.0 | 85.0 | 0.52 |
| 33 | A33 | 46.5 | 85.0 | 0.55 |
| PROMEDIO | | | | 0.451 |
| DESV. ESTÁNDAR | | | | 0.04 |

CUADRO 4.6**Especie: Higuierilla**CÁLCULO DE LA DENSIDAD BÁSICA DE MUESTRAS 5x5x10 cm
EXTRAÍDAS DE CADA PROBETA DE 5x5x75 cm

| PROBETA | MUESTRA | PESO SECO (g) | VOLUMEN SATURADO (cm ³) | DENSIDAD BÁSICA (%) |
|-----------------------|---------|---------------|-------------------------------------|---------------------|
| 1 | A01 | 129.0 | 270.0 | 0.48 |
| 2 | A02 | 138.0 | 265.0 | 0.52 |
| 3 | A03 | 123.5 | 260.0 | 0.48 |
| 4 | A04 | 130.0 | 260.0 | 0.50 |
| 5 | A05 | 134.0 | 260.0 | 0.52 |
| 6 | A06 | 132.0 | 260.0 | 0.51 |
| 7 | A07 | 132.0 | 265.0 | 0.50 |
| 8 | A08 | 132.5 | 270.0 | 0.49 |
| 9 | A09 | 136.5 | 290.0 | 0.47 |
| 10 | A10 | 138.0 | 260.0 | 0.53 |
| 11 | A11 | 142.5 | 260.0 | 0.55 |
| 12 | A12 | 133.5 | 260.0 | 0.51 |
| 13 | A13 | 140.0 | 260.0 | 0.54 |
| 14 | A14 | 128.0 | 250.0 | 0.51 |
| 15 | A15 | 139.0 | 265.0 | 0.52 |
| 16 | A16 | 127.0 | 250.0 | 0.51 |
| 17 | A17 | 126.5 | 260.0 | 0.49 |
| 18 | A18 | 130.0 | 255.0 | 0.51 |
| 19 | A19 | 133.5 | 265.0 | 0.50 |
| 20 | A20 | 132.0 | 260.0 | 0.51 |
| 21 | A21 | 130.0 | 290.0 | 0.45 |
| 22 | A22 | 134.0 | 285.0 | 0.47 |
| 23 | A23 | 131.5 | 285.0 | 0.46 |
| 24 | A24 | 147.5 | 260.0 | 0.57 |
| 25 | A25 | 127.0 | 245.0 | 0.52 |
| 26 | A26 | 129.5 | 260.0 | 0.50 |
| 27 | A27 | 130.5 | 260.0 | 0.50 |
| 28 | A28 | 127.0 | 270.0 | 0.47 |
| 29 | A29 | 126.0 | 260.0 | 0.48 |
| 30 | A30 | 133.0 | 290.0 | 0.46 |
| 31 | A31 | 126.0 | 270.0 | 0.47 |
| 32 | A32 | 134.5 | 270.0 | 0.50 |
| 33 | A33 | 124.0 | 280.0 | 0.44 |
| PROMEDIO | | | | 0.469 |
| DESV. ESTÁNDAR | | | | 0.03 |

4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

Una de las propiedades mecánicas de las especies maderables es el módulo de elasticidad, las cuales se encuentran agrupadas en tres grupos la misma que se muestran a continuación en el cuadro siguiente:

CUADRO 4.7

| GRUPO | MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | |
|-------|--|-------------------|
| | E _{min} | E _{prom} |
| A | 95000 | 130000 |
| B | 75000 | 100000 |
| C | 55000 | 90000 |

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.010 – Madera, 2006

4.2.1 Flexión en probetas (N.T.P. 251.017) cuyas dimensiones son 5 x 5 x 75cm

Para la realización de este ensayo se ha tomado como referencia la N.T.P. 251.017, obteniéndose los resultados, que se muestran en el Cuadro 4.8.

a.- Esfuerzo de la fibra al límite proporcional (MLP)

Se calcula según la siguiente fórmula:

$$MLP = \frac{3P_L L}{2ae^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

P_L: Carga al límite proporcional (kg)

L: Distancia entre los apoyos (luz de probetas) en cm

a: Ancho de la probeta (cm)

e: Peralte de la probeta (cm)

b.- Módulo de rotura (MOR)

Se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{MOR} = \frac{3PL}{2ae^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

P: Carga máxima (kg)

L: Distancia entre los apoyos (luz de probetas)

a: Ancho de la probeta (cm)

e: Peralte de la probeta (cm)

c.- Módulo de elasticidad (MOE)

Se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{MOE} = \frac{P_L L^3}{4ae^3 Y} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

O también

$$\text{MOE} = \frac{(dP/dy)L^3}{4ae^3} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

P_L : Carga al límite proporcional (kg)

L: Distancia entre los apoyos (luz de probetas)

a: Ancho de la probeta (cm)

e: Espesor de la probeta (cm)

Y: Deflexión en el centro de luz al límite proporcional (cm)

$\frac{dP}{dy}$: Pendiente de zona elástica de la curva carga deformación (kg/cm²)

Cuadro 4.8**Especie: Higuierilla****ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA**

| PROBETA | P | PL | MLP | MOR | MOE |
|-----------------------|------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Nº | Carga Max | (kg) | (kg/cm²) | (kg/cm²) | (kg/cm²) |
| 1 | 650 | 500 | 420.0 | 546.0 | 89072 |
| 2 | 550 | 480 | 403.2 | 462.0 | 91999 |
| 3 | 580 | 500 | 420.0 | 487.2 | 103381 |
| 4 | 580 | 500 | 420.0 | 487.2 | 108090 |
| 5 | 650 | 550 | 462.0 | 546.0 | 115960 |
| 6 | 640 | 550 | 462.0 | 537.6 | 111179 |
| 7 | 620 | 500 | 420.0 | 520.8 | 101390 |
| 8 | 630 | 450 | 378.0 | 529.2 | 88248 |
| 9 | 620 | 480 | 403.2 | 520.8 | 105797 |
| 10 | 660 | 550 | 462.0 | 554.4 | 107949 |
| 11 | 660 | 600 | 504.0 | 554.4 | 89239 |
| 12 | 670 | 550 | 462.0 | 562.8 | 101973 |
| 13 | 520 | 500 | 420.0 | 436.8 | 100950 |
| 14 | 590 | 500 | 420.0 | 495.6 | 105256 |
| 15 | 630 | 550 | 462.0 | 529.2 | 105638 |
| 16 | 650 | 550 | 462.0 | 546.0 | 78632 |
| 17 | 660 | 580 | 487.2 | 554.4 | 85151 |
| 18 | 670 | 600 | 504.0 | 562.8 | 97900 |
| 19 | 670 | 580 | 487.2 | 562.8 | 87594 |
| 20 | 670 | 600 | 504.0 | 562.8 | 103577 |
| 21 | 650 | 550 | 462.0 | 546.0 | 98922 |
| 22 | 660 | 600 | 504.0 | 554.4 | 101291 |
| 23 | 660 | 550 | 462.0 | 554.4 | 106300 |
| 24 | 700 | 550 | 462.0 | 588.0 | 109828 |
| 25 | 670 | 600 | 504.0 | 562.8 | 101050 |
| 26 | 690 | 600 | 504.0 | 579.6 | 97504 |
| 27 | 680 | 480 | 403.2 | 571.2 | 97759 |
| 28 | 680 | 500 | 420.0 | 571.2 | 103840 |
| 29 | 580 | 550 | 462.0 | 487.2 | 110502 |
| 30 | 600 | 500 | 420.0 | 504.0 | 113569 |
| PROMEDIO | 638.0 | 538.3 | 452.2 | 535.9 | 100651 |
| DESV. ESTÁNDAR | 43.3 | 44.5 | 37.4 | 36.4 | 9007 |
| 5% PERCENTIL | 563.5 | 480.0 | 403.2 | 473.3 | 86250 |

4.2.2 Flexión en vigas a escala natural (N.T.P. 251.107) cuyas dimensiones son 4 x 14 x 310 cm

Para la realización de este ensayo se ha tomado como referencia la NTP 251.107, obteniéndose los siguientes resultados después de los ensayos realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional e Ingeniería, los cuales se muestran en el Cuadro 4.9.

a.- Esfuerzo de la fibra al límite proporcional (MLP)

Se calcula según la siguiente fórmula:

$$MLP = \frac{2P_L L}{ae^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

P_L : Carga al límite proporcional (kg)

L: Distancia entre los apoyos (luz de la viga) en cm

a: Ancho de la viga (cm)

e: Peralte de la viga (cm)

b.- Módulo de rotura (MOR)

Se calcula según la siguiente fórmula:

$$MOR = \frac{2PL}{ae^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

P_L : Carga máxima (kg)

L: Distancia entre los apoyos (luz de la viga) en cm

a: Ancho de la viga (cm)

e: Peralte de la viga (cm)

c.- Módulo de elasticidad (MOE)

Se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{MOE} = \frac{23P_L L^3}{648 I Y} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

O también

$$\text{MOE} = \frac{23L^3 (dP/dy)}{648 I} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

P_L : Carga al límite proporcional (kg)

L: Distancia entre los apoyos (luz de la viga)

I: Momento de inercia (cm⁴)

Y: Deflexión en el centro de luz correspondiente a la carga al límite proporcional (cm)

$\frac{dP}{dy}$: Pendiente de zona elástica de la curva carga deformación (kg/cm²)

Cuadro 4.9**Especie: Higuierilla****ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL**

| VIGA | P | PL | MLP | MOR | MOE |
|-----------------------|------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| N | Carga Max | (kg) | (kg/cm²) | (kg/cm²) | (kg/cm²) |
| 1 | 720 | 600 | 459.2 | 551.0 | 102614 |
| 2 | 650 | 600 | 459.2 | 497.4 | 97934 |
| 3 | 650 | 560 | 428.6 | 497.4 | 101543 |
| 4 | 600 | 480 | 367.3 | 459.2 | 100820 |
| 5 | 700 | 620 | 474.5 | 535.7 | 99129 |
| 6 | 700 | 590 | 451.5 | 535.7 | 103129 |
| 7 | 600 | 480 | 367.4 | 459.2 | 100476 |
| 8 | 500 | 420 | 321.4 | 382.7 | 105433 |
| 9 | 630 | 610 | 466.8 | 482.1 | 100551 |
| 10 | 700 | 680 | 520.4 | 535.7 | 101722 |
| 11 | 670 | 580 | 443.9 | 512.8 | 94140 |
| 12 | 780 | 650 | 497.5 | 596.9 | 105837 |
| 13 | 760 | 650 | 497.5 | 581.6 | 103091 |
| 14 | 760 | 650 | 497.5 | 581.6 | 94624 |
| 15 | 600 | 490 | 375.0 | 459.2 | 93340 |
| 16 | 550 | 520 | 398 | 420.9 | 104774 |
| 17 | 650 | 480 | 367.3 | 497.4 | 94140 |
| 18 | 800 | 550 | 420.9 | 612.2 | 97353 |
| 19 | 730 | 570 | 436.2 | 558.7 | 91876 |
| 20 | 850 | 620 | 474.5 | 650.5 | 97251 |
| 21 | 720 | 650 | 497.4 | 551.0 | 100861 |
| 22 | 700 | 610 | 466.8 | 535.7 | 90968 |
| 23 | 880 | 690 | 528.1 | 673.5 | 99395 |
| 24 | 800 | 680 | 520.4 | 612.2 | 93932 |
| 25 | 540 | 510 | 390.3 | 413.3 | 104221 |
| 26 | 500 | 500 | 382.7 | 382.7 | 96039 |
| 27 | 400 | 400 | 306.1 | 306.1 | 102092 |
| 28 | 450 | 410 | 313.8 | 344.4 | 96604 |
| 29 | 800 | 560 | 428.6 | 612.2 | 100820 |
| 30 | 450 | 420 | 321.4 | 344.4 | 101972 |
| PROMEDIO | 661.3 | 561.0 | 429.3 | 506.1 | 99223 |
| DESV. ESTÁNDAR | 123.4 | 85.9 | 65.8 | 94.5 | 4161 |
| 5% PERCENTIL | 450.0 | 414.5 | 317.2 | 344.4 | 92535 |

CAPÍTULO V: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

En este capítulo se describe el procesamiento de los valores obtenidos de los ensayos físicos y mecánicos de la especie "Higuerilla" *Micandra spruceana*. Con los resultados obtenidos de los ensayos mecánicos se graficó la curva "Carga - Deformación" la cual servirá para la determinación de los módulos de elasticidad, resistencia y el esfuerzo al límite proporcional, para posteriormente determinar el rango en que se encuentran estos valores (Referencia Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.010 – Madera, 2006

El número de muestras tomadas permite obtener valores promedios de las propiedades físicos - mecánicos.

5.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS FISICOS - MECANICOS

Después de realizar los ensayos físico – mecánicos y el procesamiento, se obtuvieron los siguientes resultados finales:

5.1.1 ENSAYOS FISICOS

a) CONTENIDO DE HUMEDAD

Para calcular el contenido de humedad, se tomó como referencia la N.T.P 251.010, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 5.1

| Determinación del Contenido de humedad a partir del Ensayo de : | C.H. PROM (%) |
|---|---------------|
| Flexión en probetas libres de defectos | 23.95 |
| Flexión en Vigas a Escala Natural | 27.39 |

De este cuadro se observa los contenidos de humedad obtenidos, tanto para probetas como para vigas a escala natural, correspondientes a los esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad determinados.

b) DENSIDAD BÁSICA

Para determinar la densidad básica se tomó como referencia la N.T.P 251.011, obteniéndose los siguientes resultados.

Cuadro 5.2

| Determinación de la Densidad Básica a partir del Ensayo de : | D.B. PROM (kg/cm ²) |
|---|------------------------------------|
| Flexión en probetas libre de defectos | 0.47 |
| Flexión en Vigas a Escala Natural | 0.45 |

Con los resultados obtenidos de los ensayos se define que la especie maderable tiene un agrupamiento provisional en el Grupo "C"

5.1.2 ENSAYOS MECÁNICOS

Para el caso de los ensayos mecánicos estos fueron realizados con un contenido de humedad entre 20 y 30%, con lo cual se considera que las muestras se encuentran húmedas. Para el fin de este tema de investigación, era necesario realizar los ensayos a nivel de probetas y vigas a escala natural para determinar el agrupamiento estructural, ya que no existe investigación de esta especie.

a) MÓDULO DE ROTURA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD

Después de la recolección y procesamiento de los datos de laboratorio se procedió a graficar las curvas Carga vs Deformación (ver gráficos Carga vs Deformación; Anexo), para poder determinar la carga al límite proporcional y posteriormente determinar la Resistencia y el Módulo de Elasticidad.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Cuadro 5.3

| ENSAYO DE FLEXIÓN EN : | CARGA.MÁX PROMEDIO (kg) | MÓDULO. ROTURA (PROMEDIO) (kg/cm ²) | MÓDULO. ELASTICIDAD (PROMEDIO) (kg/cm ²) |
|--|-------------------------------|--|---|
| Flexión en probetas libre de defectos (5x5x70cm) | 638.0 | 535.9 | 100651 |
| Flexión en vigas a escala natural (4x14x300cm) | 661.3 | 506.1 | 99223 |

Cuadro 5.4

| ENSAYO DE FLEXIÓN EN : | CARGA.MÁX PROMEDIO (kg) | MÓDULO. ROTURA (MÍNIMO) (kg/cm ²) | MÓDULO. ELASTICIDAD (MÍNIMO) (kg/cm ²) |
|--|-------------------------------|--|---|
| Flexión en probetas libre de defectos (5x5x70cm) | 638.0 | 473.3 | 86250 |
| Flexión en vigas a escala natural (4x14x300cm) | 661.3 | 344.4 | 92535 |

5.2 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD.

MÓDULO DE ELASTICIDAD PROMEDIO.

Se promedian los esfuerzos de elasticidad (MOE) de vigas, obteniéndose de los ensayos de las diferentes muestras; este valor se considera como el módulo de elasticidad promedio.

MÓDULO DE ELASTICIDAD MÍNIMO

Los módulos de elasticidad (MOE) de vigas obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras se ordenan de menor a mayor, se enumeran y se toma el valor que corresponde al número de orden igual al 5% del número total de ensayos. Este valor se considera como el mínimo correspondiente al límite de exclusión del 5%.

Del Cuadro 5.3 y Cuadro 5.4 se obtienen:

$$\text{Módulo de elasticidad Promedio} = \text{MOE promedio} = 99223 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Módulo de elasticidad Mínimo} = \text{MOE 5\% percentil} = 92535 \text{ kg/cm}^2$$

ESFUERZO PROMEDIO

Los esfuerzos indicados a continuación han sido obtenidos de los ensayos de flexión en vigas a escala natural.

ESFUERZO BASICO

Los módulos de ruptura (MOR) de vigas, obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras para esta misma especie se ordenan de menor a mayor, se numeran y se toma el valor que corresponde al número de orden igual al 5% del número total de ensayos. Este valor se considera como el mínimo correspondiente al límite de exclusión de 5%.

Del Cuadro 5.4 se obtienen:

$$\text{Esfuerzo Promedio} = \text{MOR promedio} = 506.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo Básico} = \text{MOR 5\% percentil} = 344.4 \text{ kg/cm}^2$$

ESFUERZO ADMISIBLE

Según la Norma N.T.E E-101 Agrupamiento de Madera para uso Estructural, los esfuerzos admisibles se determinan aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Esfuerzo Admisible} = \frac{F.C \times F.T}{F.S \times F.D.C} \times \text{Esfuerzo Básico}$$

Donde:

F.C = Coeficiente de reducción por calidad (defectos). Es la relación entre el esfuerzo resistido por elementos a escala natural como las vigas, y el correspondiente esfuerzo para probetas pequeñas libres de defectos. Es una medida de la influencia de los defectos en la resistencia y rigidez de las piezas.

$$F.C = \frac{\text{MOR (vigas)}}{\text{MOR (probetas)}}$$

Para nuestro caso:

$$F.C = 1$$

F.T = Coeficiente de reducción por tamaño. En elementos de madera se observa una disminución del esfuerzo de rotura en flexión a medida que se consideran

secciones de mayor tamaño, razón por lo cual la siguiente expresión está basada en información experimental.

$$F.T = \left(\frac{50}{h}\right)^{\frac{1}{9}}, \text{ h en mm}$$

Para la determinación del F.T se usó $h = 290\text{mm}$. Para piezas de peralte mayor que 290mm deberá tomarse el factor de reducción correspondiente. En nuestro caso $h=140\text{mm}$ es menor que 290mm , entonces se usara el valor del coeficiente considerado por la norma.

F.S = Coeficiente de seguridad

F.D.C = Coeficiente de duración de carga. Basado en la reducción observada en ensayos de vigas a escala natural. La resistencia de rotura de la madera disminuye con la duración de la aplicación de la carga.

COEFICIENTES CONSIDERADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES

Cuadro 5.5

| | FLEXION | COMPRESION PARALELA | CORTE PARALELO | COMPRESION PERPENDICULAR |
|-------|---------|------------------------|-------------------|-----------------------------|
| F.C | 0.80 | * | * | * |
| F.T | 0.90 | * | * | * |
| F.S | 2.00 | 1.60 | 4.00** | 1.60 |
| F.D.C | 1.15 | 2.15 | * | * |

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.010 – Madera, 2006

(*) Incluido en el F.S

(**) Incluye un coeficiente por concentración de esfuerzos = 2.00 debido a la posible presencia de rajaduras por secado en los extremos de las piezas.

Se usarán los coeficientes en flexión:

$$F.C = 1.0$$

$$F.T = 0.9$$

$$F.S = 2.0$$

$$F.D.C = 1.15$$

$$\text{Esfuerzo Admisible} = \frac{1.0 \times 0.90}{2 \times 1.15} \times 344.39 = 134.7 \text{ kg/cm}^2$$

5.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTRAS ESPECIES

5.3.1 COMPARACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Cuadro 5.6

| ESPECIE | D.B | Grupo |
|---------------------------|-------------|----------|
| Estoraque | 0,78 | A |
| Palo sangre negro | 0,72 | A |
| Pumaquiro | 0,67 | A |
| Huayruro | 0,60 | B |
| Manchinga | 0,68 | B |
| Catahua amarilla | 0,41 | C |
| Copaiba | 0,60 | C |
| Diablo fuerte | 0,53 | C |
| Tornillo | 0,44 | C |
| Higuerilla (TESIS) | 0,46 | C |

Del Cuadro 5.6 se puede decir que la especie forestal "Higuerilla" es una madera no pesada según su densidad.

5.3.2 COMPARACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN VIGAS A ESCALA NATURAL (MOE)

Cuadro 5.7

| ESPECIE | MOE (kg/cm ²) | GRUPO ESTRUCTURAL |
|---------------------------|------------------------------|----------------------|
| Estoraque | 175000 | A |
| Manchinga | 117000 | B |
| Higuerilla (TESIS) | 99223 | C |

Se puede decir que los valores del módulo de elasticidad son bajos a comparación de las otras especies en comparación; por otro lado el módulo de elasticidad de Young (MOE), está por encima del promedio del Grupo estructural "C".

El valor del módulo de elasticidad o el del MOR considerados en la norma para el Grupo "C" corresponde a la especie del grupo con el menor valor.

5.4 AGRUPAMIENTO DE LA MADERA “HIGUERILLA”

La Incorporación de especies a los grupos establecidos se hace en función de la densidad básica y de la resistencia mecánica obtenida mediante ensayos de flexión de vigas de madera de tamaño natural, según Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.010 – Madera, 2006. Los pasos a seguir para el proceso de agrupamiento es el siguiente:

1. **Se Determina la densidad básica promedio de la especie y se la compara con los valores establecidos en la tabla T-1 según N.T.P. 251.011**

La Densidad Básica de la especie “Higuerilla” *Micandra spruceana* halladas en las muestras de las vigas, fue de 0.45 g/cm^3

TABLA N° T-1

| GRUPO | D.B. (g/cm^3) |
|-------|-----------------------------|
| A | $> 0,7$ |
| B | ($0,56 - 0,70$) |
| C | ($0,40 - 0,55$) |

De acuerdo a su densidad, esta especie tiene un agrupamiento provisional en el Grupo “C”.

2. **Se Determinan los valores de la rigidez (Módulo de elasticidad) y de la resistencia (Esfuerzo admisible por flexión), a partir de vigas a escala natural ensayadas de acuerdo a la N.T.P. 251.107**

Los resultados de los ensayos de flexión en vigas a escala natural fueron:

$$\text{MOE promedio} = 99223 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{MOE mínimo} = 92535 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo admisible por flexión} = 134.7 \text{ kg/cm}^2$$

3. Se comparan los módulos de elasticidad y los esfuerzos admisibles en flexión obtenidos según la NPT 251.107 con los valores establecidos en las tablas N° T-2 y T-3

TABLA N° T-2

| GRUPO | MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | |
|-------|--|-------------------|
| | E _{min} | E _{prom} |
| A | 95000 | 130000 |
| B | 75000 | 100000 |
| C | 55000 | 90000 |

Comparando el módulo de elasticidad obtenido, con los valores de la tabla N° T-2, resulta que la especie supera a los valores dados del Grupo "C" pero no alcanza los del Grupo "B"

TABLA N° T-3

| GRUPO | ESFUERZOS ADMISIBLES MPa (kg/cm ²) | | | | |
|-------|--|----------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|
| | FLEXION | TRACCION PARALELA | COMPRESION PARALELA | COMPRESION PERPENDICULAR | CORTE PARALELO |
| A | 20.6(210) | 14.20(145) | 14.20(145) | 3.90(40) | 1.50(15) |
| B | 14.7(150) | 10.30(105) | 10.80(110) | 2.70(28) | 1.20(12) |
| C | 9.80(100) | 7.30(75) | 7.80(80) | 1.50(15) | 0.80(8) |

De acuerdo a la tabla N° T-3 la especie en estudio tiene un esfuerzo admisible por flexión de 134.7 kg/cm², supera al valor del Grupo "C" (100kg/cm²), pero no llega a alcanzar el valor del Grupo "B" (150kg/cm²).

Si los valores obtenidos son superiores a los del grupo provisional obtenido por la densidad, se clasifica a la especie en dicho grupo, si los valores alcanzan los de un grupo más resistente se la clasifica en el grupo superior. En caso contrario, si los valores no alcanzan a los del grupo provisional se la clasifica en el grupo anterior

De acuerdo a la densidad se clasificó a la "Higuerilla" *Micandra spruceana* en el Grupo "C" y de acuerdo al modulo de elasticidad promedio, modulo de elasticidad mínimo y esfuerzo admisible por flexión superan los valores del Grupo "C", pero no llegan a alcanzar los del Grupo "B"

Por lo tanto se deduce que la madera "Higuerilla" *Micandra spruceana* pertenece al Grupo estructural "C".

En el cuadro siguiente se detalla los esfuerzos admisibles de dicho Grupo.

| GRUPO | ESFUERZOS ADMISIBLES MPa (Kg/cm ²) | | | | |
|-------|--|----------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|
| | FLEXIÓN | TRACCIÓN PARALELA | COMPRESIÓN PARALELA | COMPRESIÓN PERPENDICULAR | CORTE PARALELO |
| C | 9.80(100) | 7.30(75) | 7.80(80) | 1.50(15) | 0.80(8) |

CONCLUSIONES

1. El esfuerzo promedio de rotura para probetas y vigas fue de 535.9 kg/cm^2 y 506.1 kg/cm^2 , respectivamente.
2. El contenido de humedad promedio durante el ensayo de vigas y probetas fue de 27.30% y 23.95% respectivamente, con lo cual se concluye que las muestras se ensayaron en estado húmedo.
3. La carga máxima obtenida en los ensayos de laboratorio para las probetas y vigas fue de 690 kg y 880 kg respectivamente.
4. Se ha comprobado en ensayos de flexión estática en probetas libres de defectos, que a medida que aumenta el contenido de humedad disminuye el Módulo de Rotura.
5. La Densidad Básica promedio en probetas fue de 0.47 y las vigas a escala natural es de 0.45 lo cual corresponde al Grupo "C".
6. De los resultados de los ensayos de laboratorio y de las gráficas se obtuvo el Módulo de Elasticidad de Young en probetas de 100651 kg/cm^2 y en vigas a escala natural de 99223 kg/cm^2 .
7. En los ensayos de flexión en vigas a escala natural se determino que más del 50% fallaron en la zona de tracción (en el tercio central), con lo cual puede deducirse que los defectos tales como la inclinación del grano, afectan más la capacidad en tracción que la de compresión.
8. Se observo que la madera en el proceso natural de secado presento arqueaduras
9. La Madera "Higuerilla" *Micandra spruceana*, está clasificada en el Grupo "C".

RECOMENDACIONES

1. La madera *Micandra Spruceana* "Higuerilla" presenta baja durabilidad natural, por lo que es susceptible a los ataques biológicos, por eso es recomendable realizar tratamientos preventivos de la troza después de su extracción y también la preservación de piezas.
2. Se recomienda la utilización de un programa de secado bueno, como el secado en hornos y luego almacenado en lugar seco y bajo techo. Es importante que las tablas queden depositadas en posiciones horizontales y apiladas apropiadamente para evitar alabeos.
3. Se recomienda una mayor difusión y mayores estudios de esta especie, como por ejemplo realizar ensayos de uniones clavadas, para aprovechar sus propiedades mecánicas y poder así darle un mayor uso ingenieril.
4. Intensificar el estudio de otras especies no tradicionales, para conocer sus propiedades y tener más variedad a la hora de escoger o buscar una madera con características específicas, ya que se cuenta con una gran variedad de especies maderables de buenas características, pero sin clasificar.

BIBLIOGRAFIA

1. Camacho Castillo, Sixto
Incorporación de la especie maderable Quinilla colorada para uso estructural
Tesis de Grado – UNI FIC
Lima – 2004
2. Estacio Jiménez Raúl Imper
Clasificación Estructural de la Madera *Azúcar Huayo*.
Tesis de Grado – UNI FIC
Lima – 2008
3. INDECOPI
Norma Técnica ITINTEC 251.008
Madera Aserrada – Selección y Colección de Muestras
Lima – 1988
4. INDECOPI
Norma Técnica ITINTEC 251.009
Madera Aserrada – Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos.
Lima – 1988
5. INDECOPI
Norma Técnica ITINTEC 251.103
Madera Aserrada - Madera aserrada y cepillada para uso estructural.
Dimensiones
Lima - 1988
6. INDECOPI
Norma Técnica ITINTEC 251.104
Madera Aserrada - Clasificación Visual y Requisitos
Lima - 1988

7. INDECOPI

Norma Técnica ITINTEC 251.107

Madera Aserrada - Método de Ensayo de Flexión para Vigas a Escala Natural.

Lima - 1988

8. INDECOPI

Norma Técnica ITINTEC 251.017

Madera Aserrada - Método de Ensayo de Flexión Estática

Lima - 2004

9. INDECOPI

Norma Técnica ITINTEC 251.010

Madera Aserrada - Método de determinación del Contenido de Humedad.

Lima - 2004

10. INDECOPI

Norma Técnica ITINTEC 251.011

Madera Aserrada - Método de determinación de Densidad Básica.

Lima - 2004

11. INRENA

Instituto Nacional de Investigación Agraria – Organización Internacional de las Maderas Tropicales

Manual de Identificación de Especies Forestales de la Subregión Andina.

Lima - 1996

12. **Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales (PADT – REFORT) / JUNAC**
Descripción General y Anatómica de 105 Maderas del Grupo Andino.
Junta del Acuerdo de Cartagena
Lima - 1982

13. **Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales (PADT – REFORT) / JUNAC**
Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.
Junta del Acuerdo de Cartagena
Lima– 1984

14. **SENCICO**
Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.010 – Madera
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
Lima – 2006

15. **Taboada Rodríguez, Rodolfo Alejandro**
Clasificación Estructural de la especie forestal “Machinga”
Tesis de Grado – UNI FIC
Lima – 2004

16. **Villanueva Peña, Víctor**
Clasificación Estructural de la Madera “Cachimbo”
Tesis de Grado – UNI FIC
Lima - 2005

ANEXOS

**GRÁFICOS ESFUERZO
DEFORMACIÓN EN VIGAS A
ESCALA NATURAL**

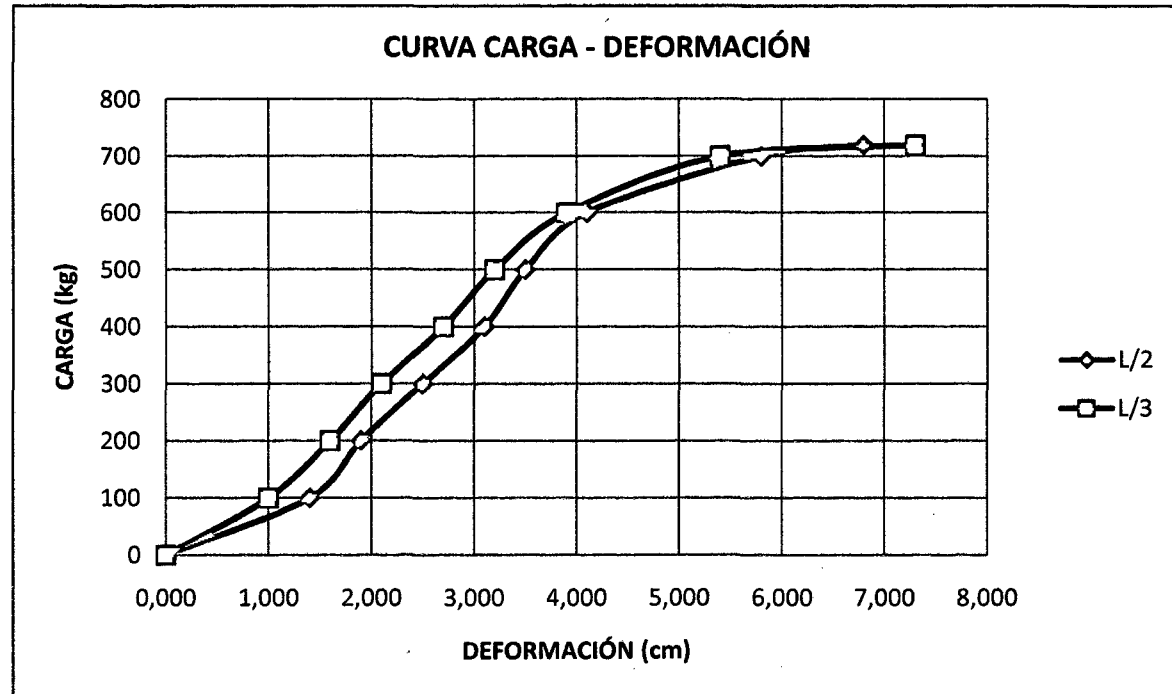
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-01 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,4 | 1 |
| 200 | 1,900 | 1,600 |
| 300 | 2,5 | 2,1 |
| 400 | 3,1 | 2,7 |
| 500 | 3,5 | 3,2 |
| 600 | 4,100 | 3,900 |
| 700 | 5,800 | 5,400 |
| 720 | 6,8 | 7,3 |
| | | |



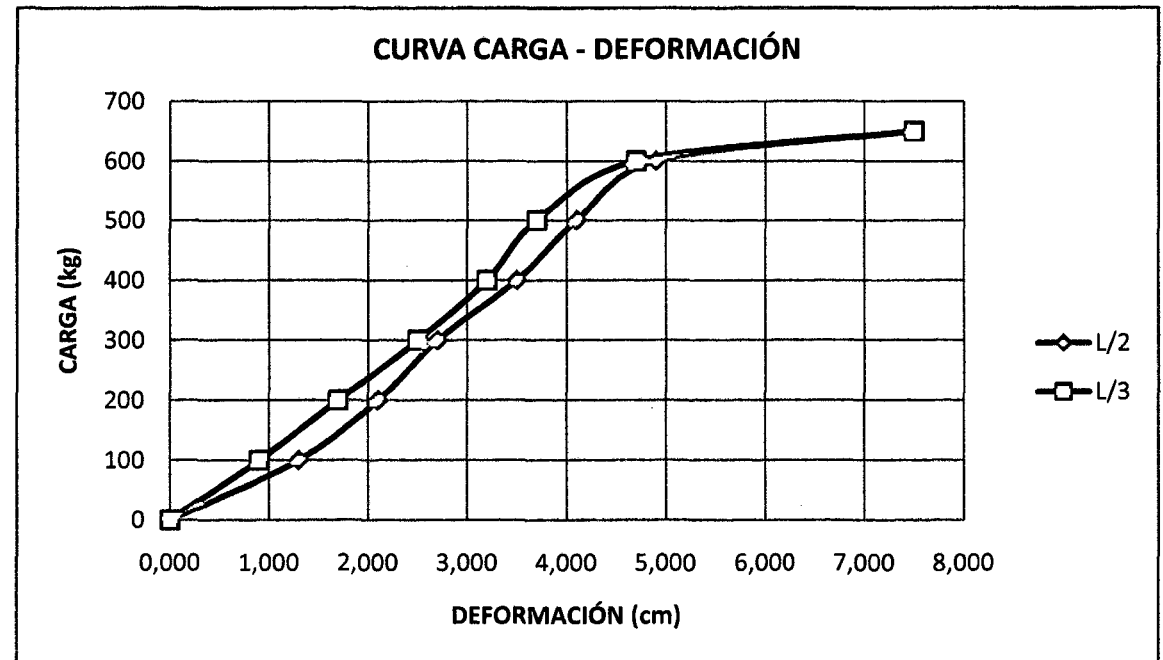
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-02 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,3 | 0,9 |
| 200 | 2,100 | 1,700 |
| 300 | 2,7 | 2,5 |
| 400 | 3,5 | 3,2 |
| 500 | 4,1 | 3,7 |
| 600 | 4,900 | 4,700 |
| 650 | 7,500 | 7,500 |
| | | |



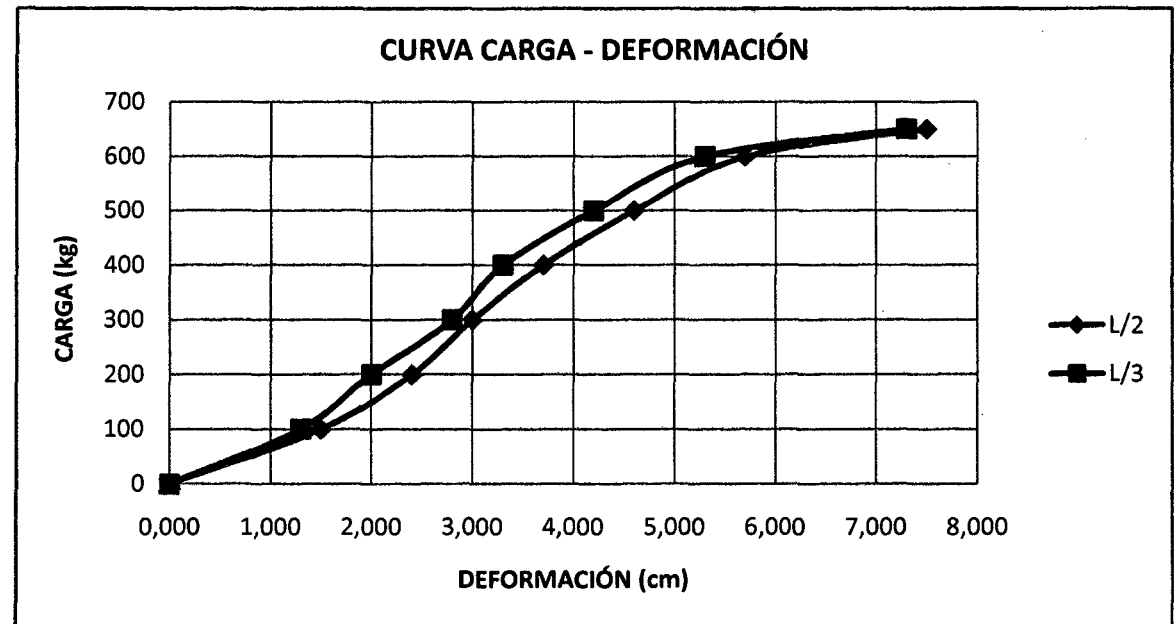
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-03 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,5 | 1,3 |
| 200 | 2,400 | 2,000 |
| 300 | 3 | 2,8 |
| 400 | 3,7 | 3,3 |
| 500 | 4,6 | 4,2 |
| 600 | 5,700 | 5,300 |
| 650 | 7,500 | 7,300 |
| | | |
| | | |



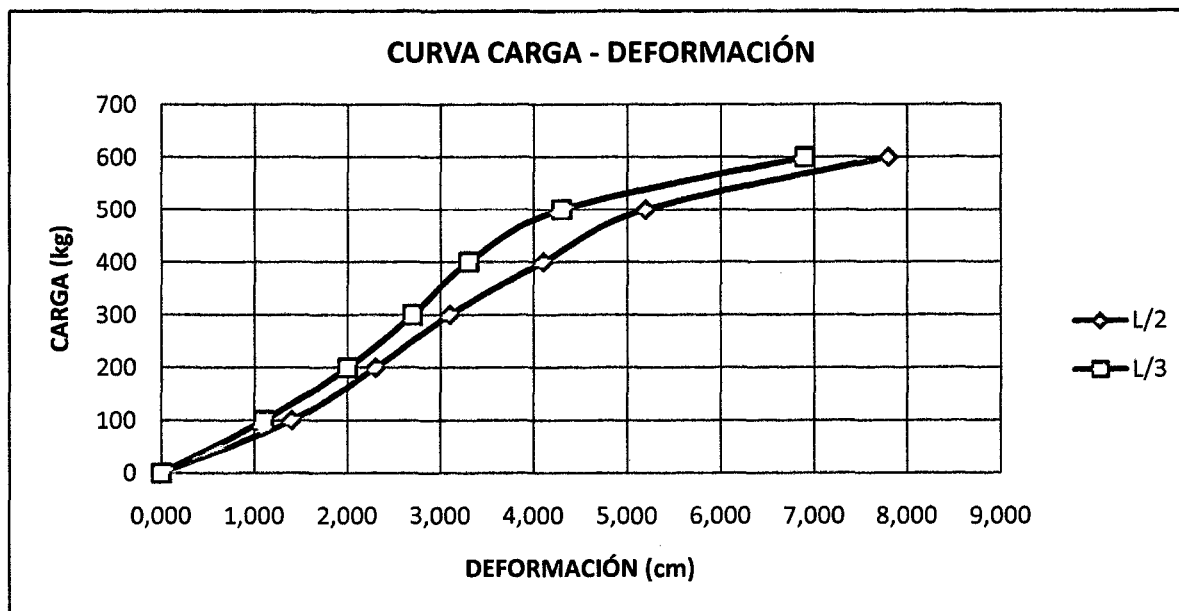
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-04 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,4 | 1,1 |
| 200 | 2,300 | 2,000 |
| 300 | 3,1 | 2,7 |
| 400 | 4,1 | 3,3 |
| 500 | 5,2 | 4,3 |
| 600 | 7,800 | 6,900 |
| | | |



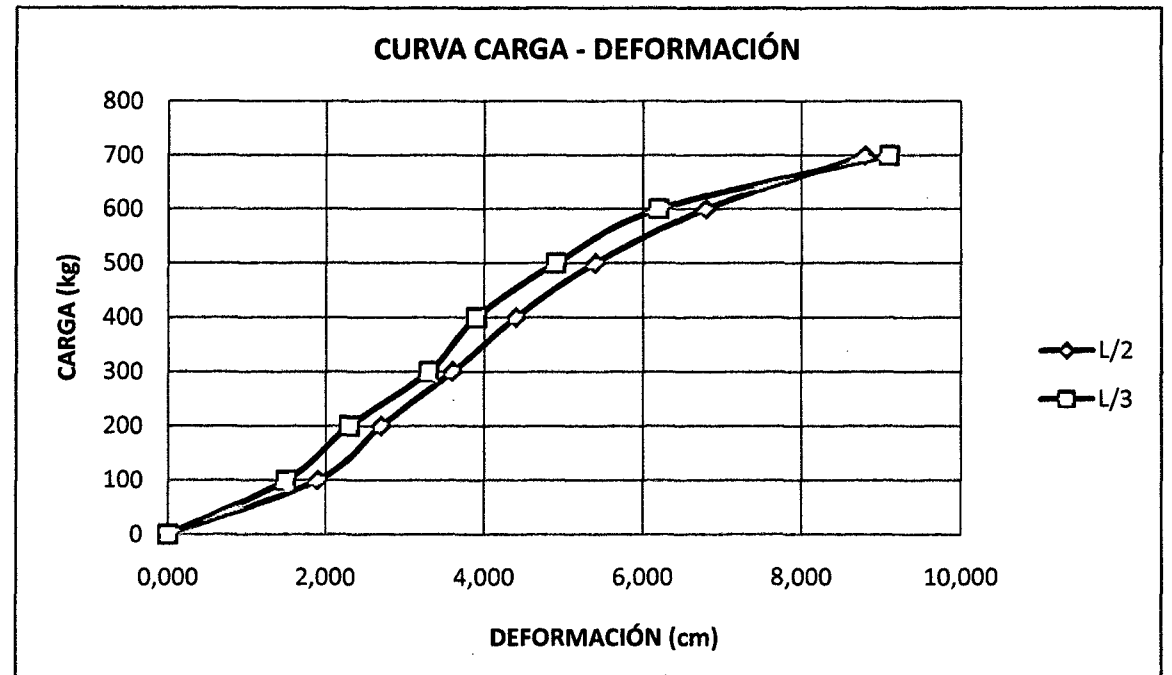
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-05 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,9 | 1,5 |
| 200 | 2,700 | 2,300 |
| 300 | 3,6 | 3,3 |
| 400 | 4,4 | 3,9 |
| 500 | 5,4 | 4,9 |
| 600 | 6,800 | 6,200 |
| 700 | 8,800 | 9,100 |
| | | |



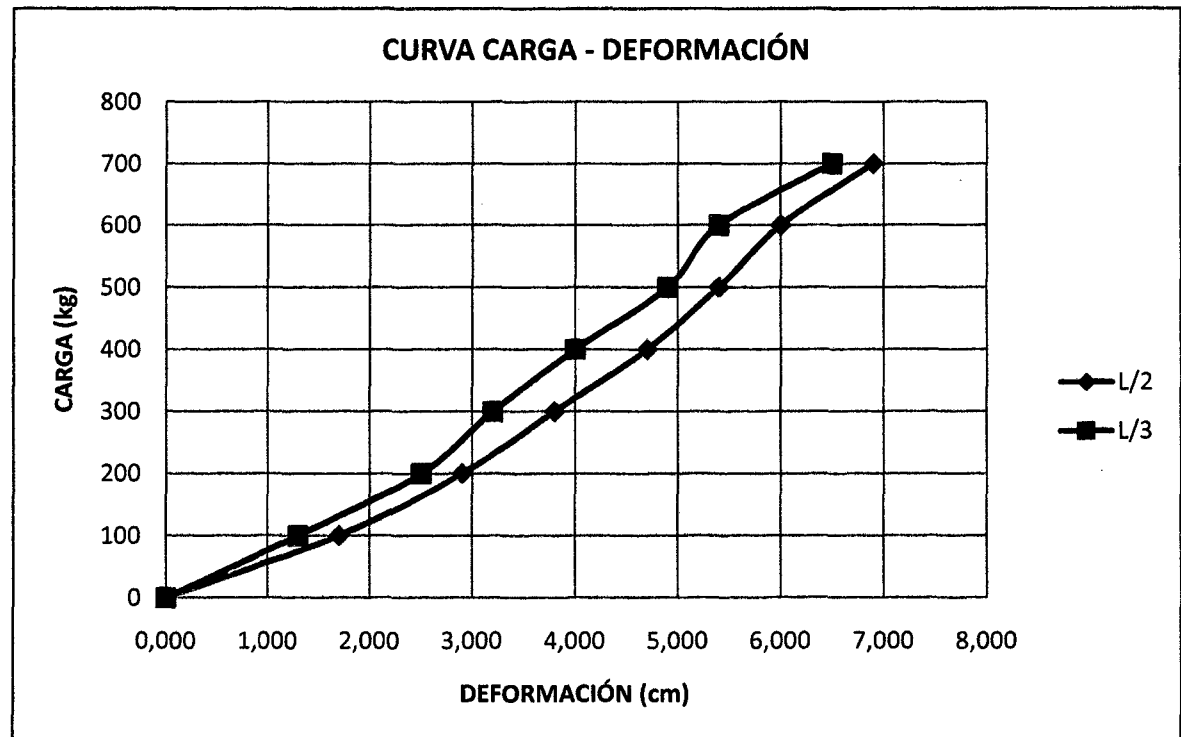
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-06 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,7 | 1,3 |
| 200 | 2,900 | 2,500 |
| 300 | 3,8 | 3,2 |
| 400 | 4,7 | 4 |
| 500 | 5,4 | 4,9 |
| 600 | 6,000 | 5,400 |
| 700 | 6,900 | 6,500 |
| | | |



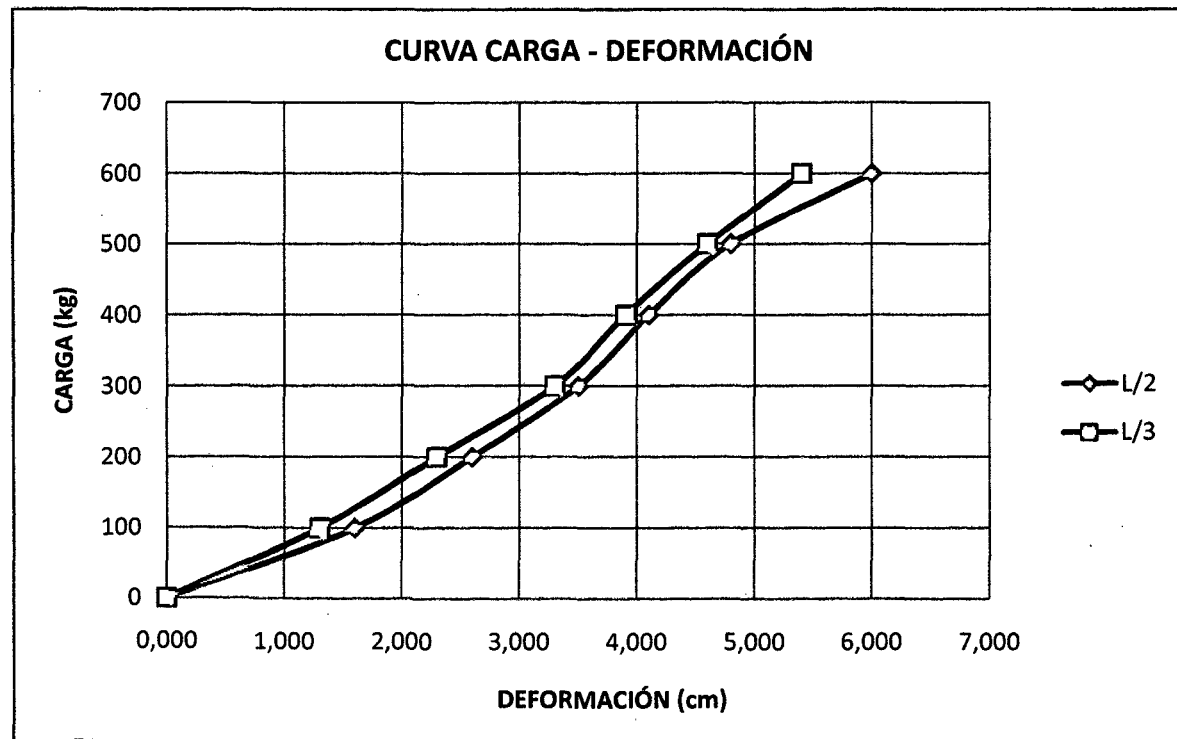
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-07 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,6 | 1,3 |
| 200 | 2,600 | 2,300 |
| 300 | 3,5 | 3,3 |
| 400 | 4,1 | 3,9 |
| 500 | 4,8 | 4,6 |
| 600 | 6,000 | 5,400 |



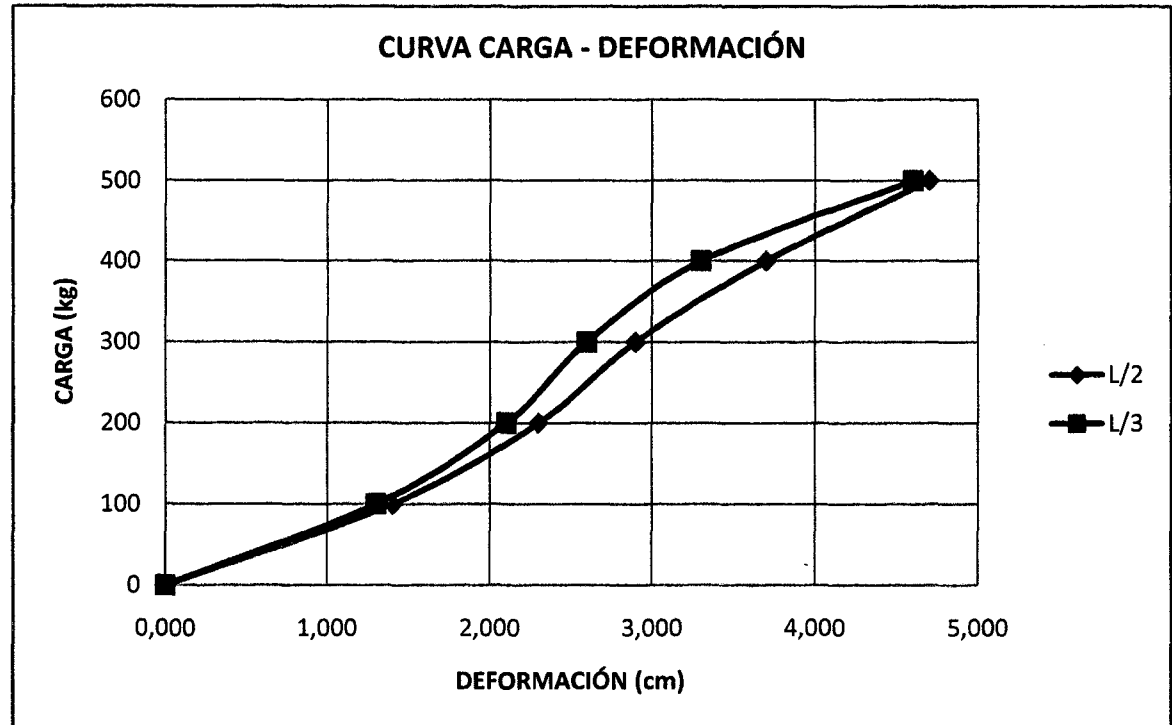
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-08 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,4 | 1,3 |
| 200 | 2,300 | 2,100 |
| 300 | 2,9 | 2,6 |
| 400 | 3,7 | 3,3 |
| 500 | 4,7 | 4,6 |
| | | |



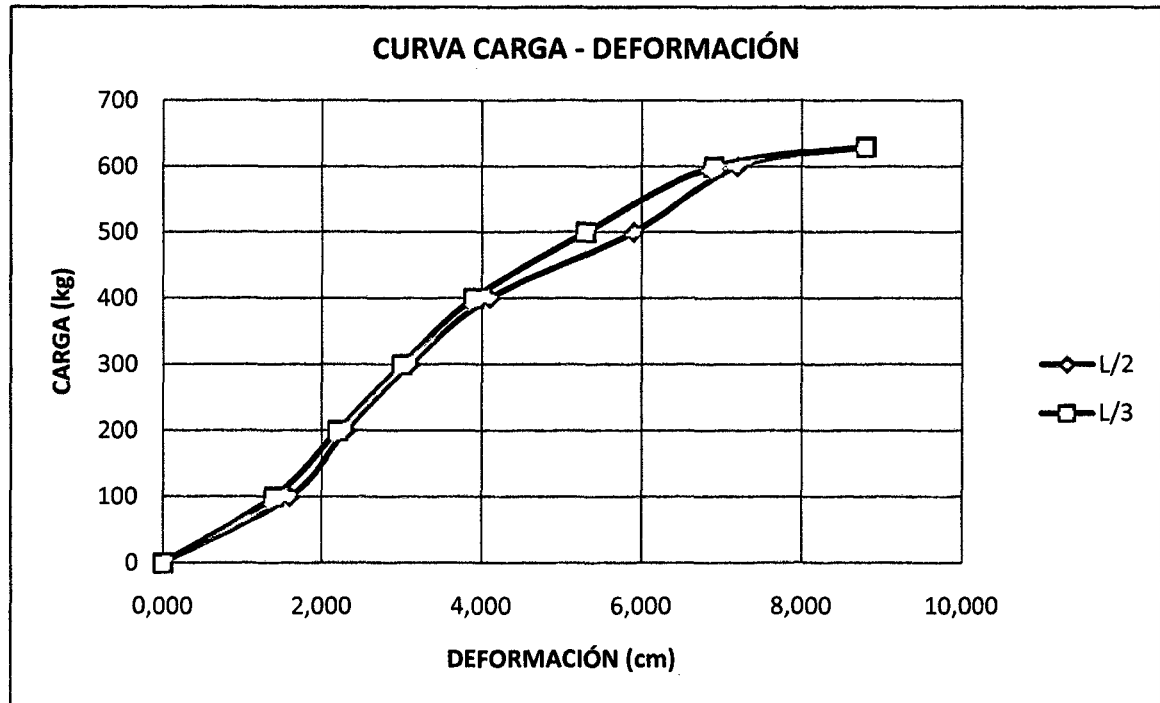
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-09 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,6 | 1,4 |
| 200 | 2,300 | 2,200 |
| 300 | 3,1 | 3 |
| 400 | 4,1 | 3,9 |
| 500 | 5,9 | 5,3 |
| 600 | 7,200 | 6,900 |
| 630 | 8,800 | 8,800 |
| | | |



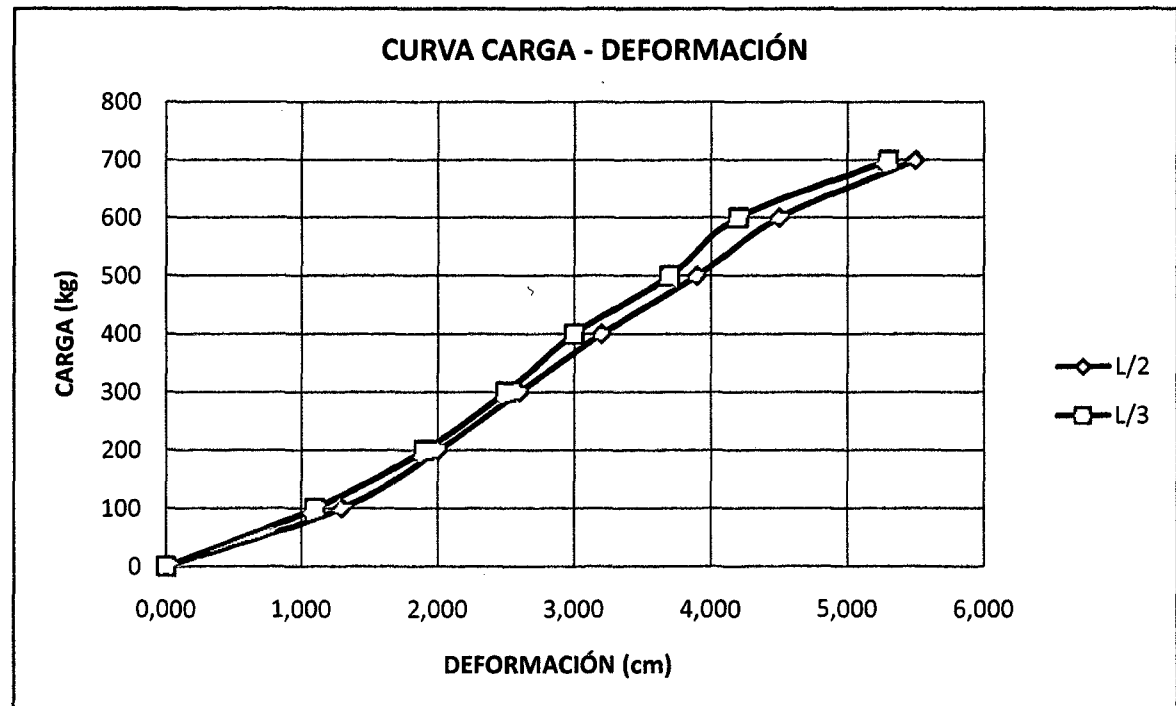
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-10 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,3 | 1,1 |
| 200 | 2,000 | 1,900 |
| 300 | 2,6 | 2,5 |
| 400 | 3,2 | 3 |
| 500 | 3,9 | 3,7 |
| 600 | 4,500 | 4,200 |
| 700 | 5,500 | 5,300 |
| | | |



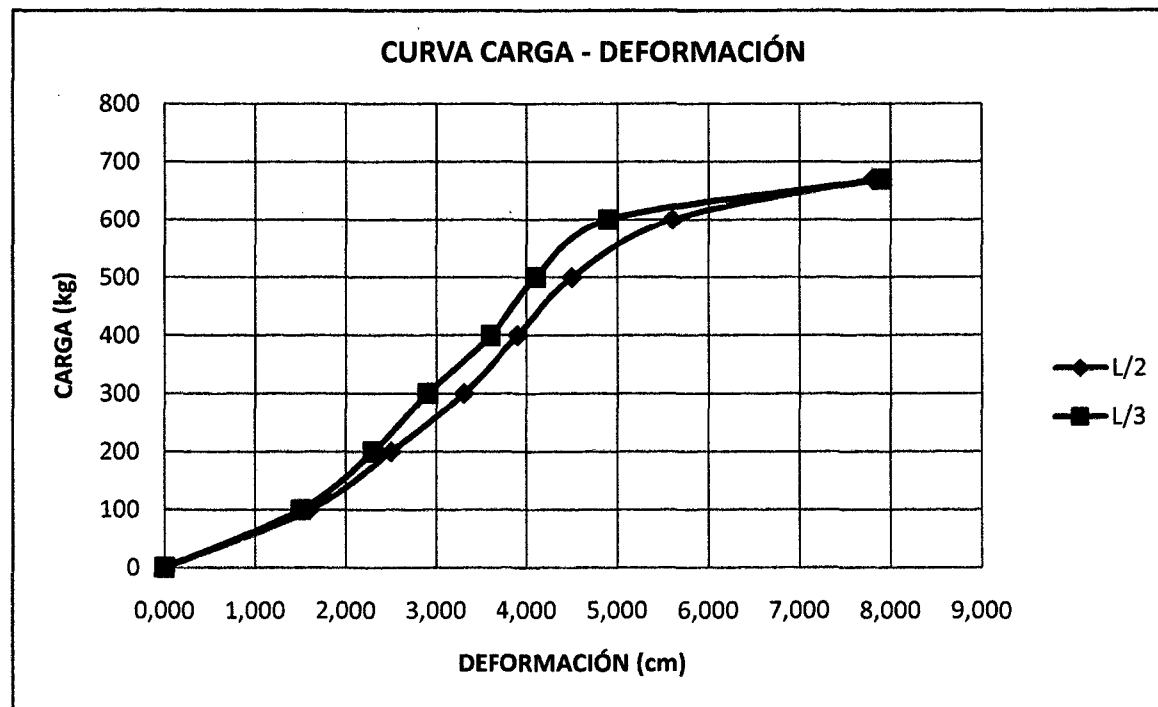
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-11 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,6 | 1,5 |
| 200 | 2,500 | 2,300 |
| 300 | 3,3 | 2,9 |
| 400 | 3,9 | 3,6 |
| 500 | 4,5 | 4,1 |
| 600 | 5,600 | 4,900 |
| 670 | 7,800 | 7,900 |
| | | |



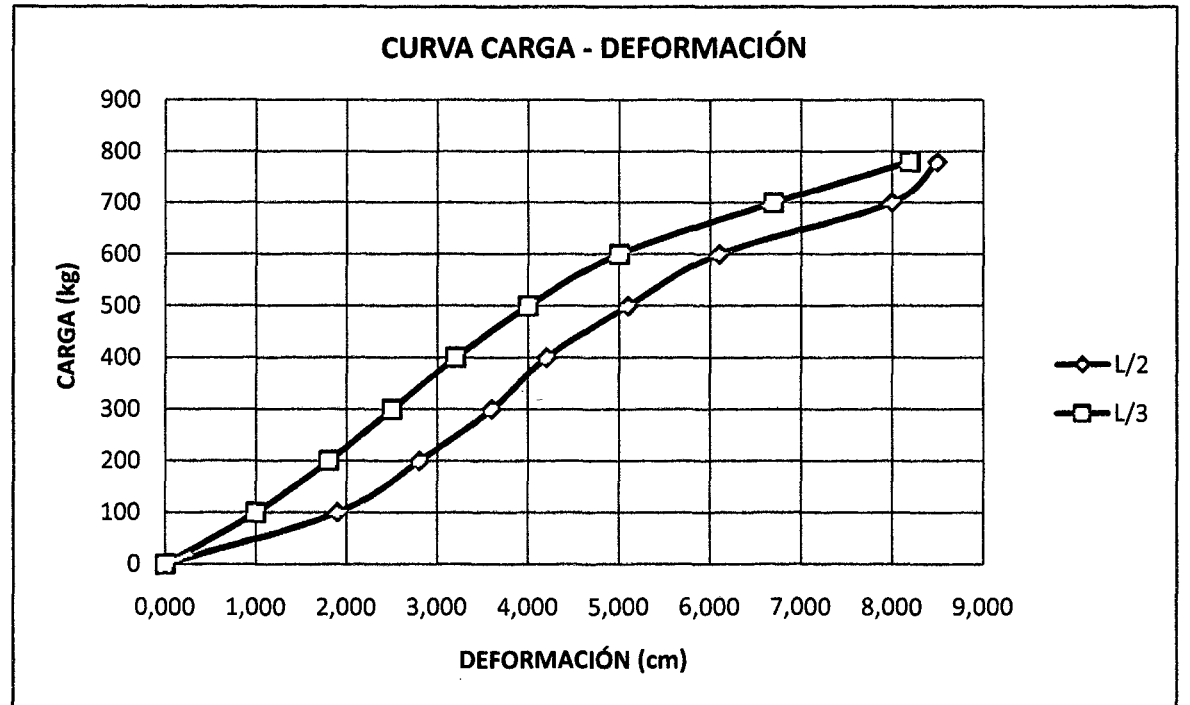
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-12 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,9 | 1 |
| 200 | 2,800 | 1,8 |
| 300 | 3,6 | 2,5 |
| 400 | 4,2 | 3,2 |
| 500 | 5,1 | 4 |
| 600 | 6,100 | 5 |
| 700 | 8,000 | 6,7 |
| 780 | 8,5 | 8,2 |



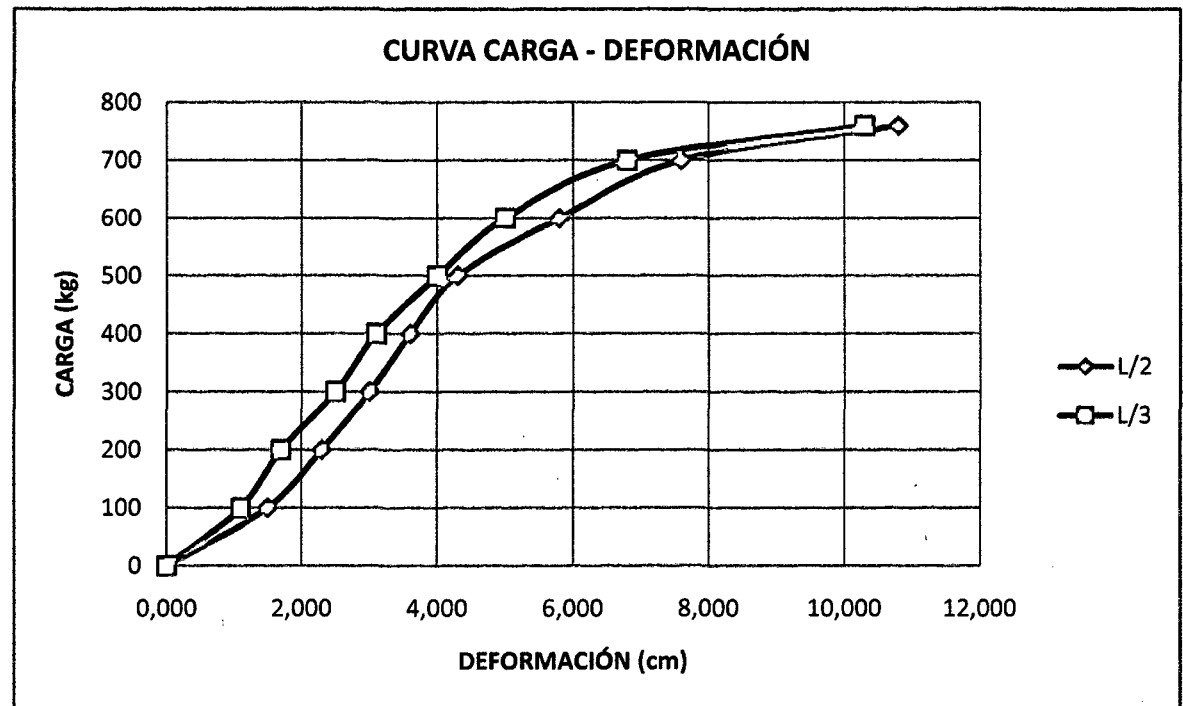
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-13 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,5 | 1,1 |
| 200 | 2,300 | 1,7 |
| 300 | 3 | 2,5 |
| 400 | 3,6 | 3,1 |
| 500 | 4,3 | 4 |
| 600 | 5,800 | 5 |
| 700 | 7,600 | 6,8 |
| 760 | 10,8 | 10,3 |



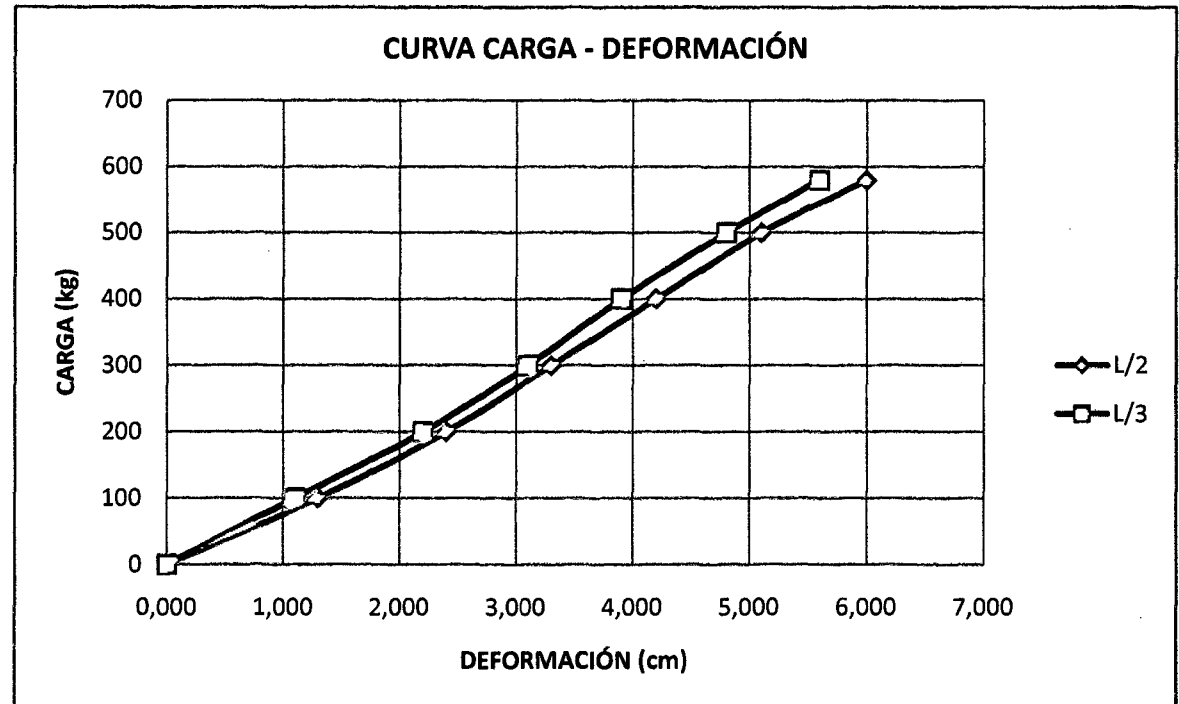
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-14 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,3 | 1,1 |
| 200 | 2,400 | 2,2 |
| 300 | 3,3 | 3,1 |
| 400 | 4,2 | 3,9 |
| 500 | 5,1 | 4,8 |
| 580 | 6,000 | 5,6 |
| | | |



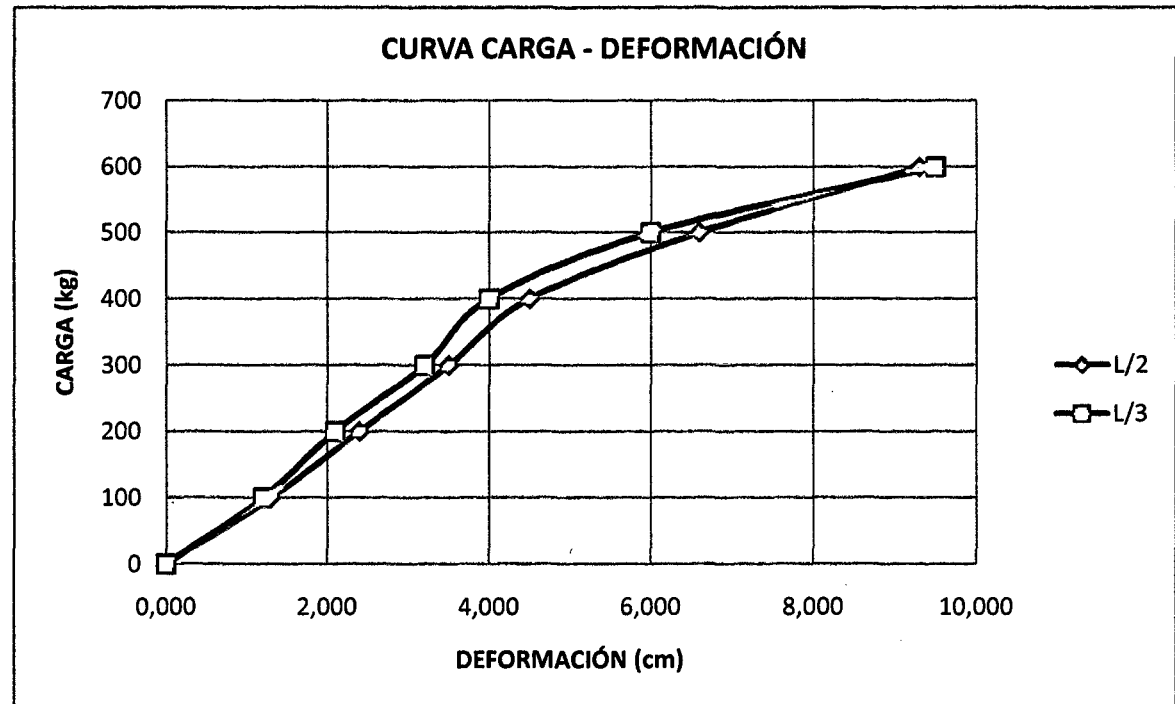
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-15 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,3 | 1,2 |
| 200 | 2,400 | 2,1 |
| 300 | 3,5 | 3,2 |
| 400 | 4,5 | 4 |
| 500 | 6,6 | 6 |
| 600 | 9,300 | 9,5 |
| | | |



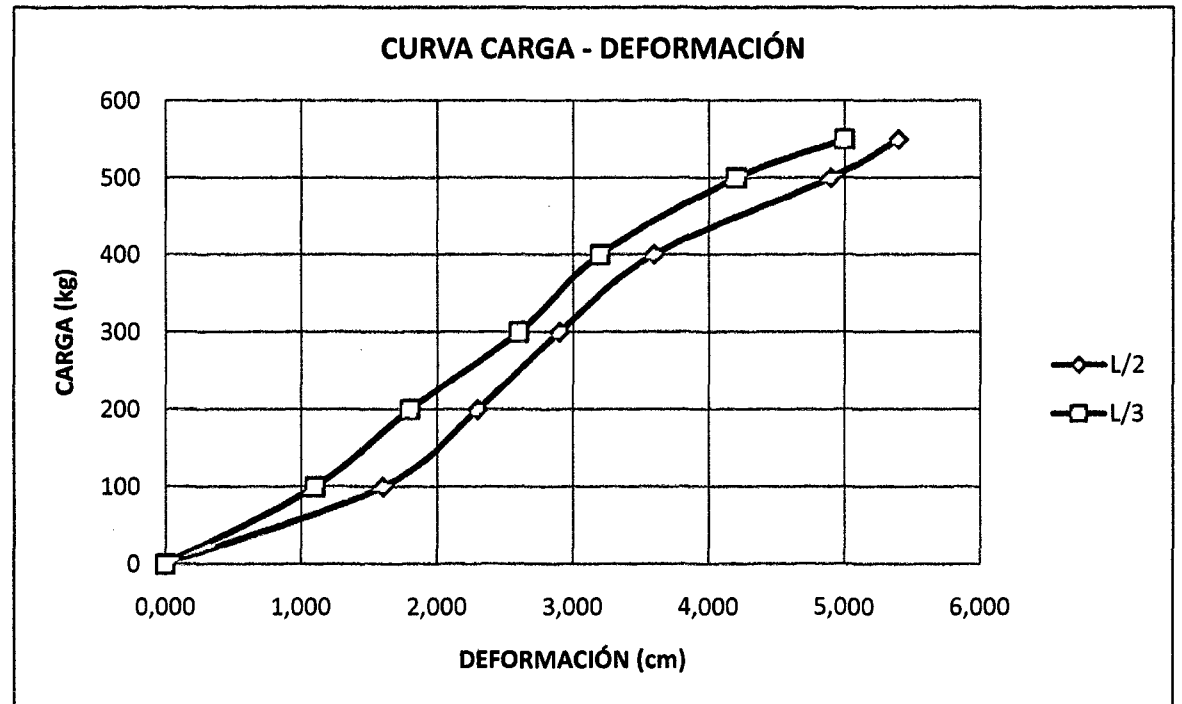
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-16 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,6 | 1,1 |
| 200 | 2,300 | 1,8 |
| 300 | 2,9 | 2,6 |
| 400 | 3,6 | 3,2 |
| 500 | 4,9 | 4,2 |
| 550 | 5,400 | 5 |
| | | |



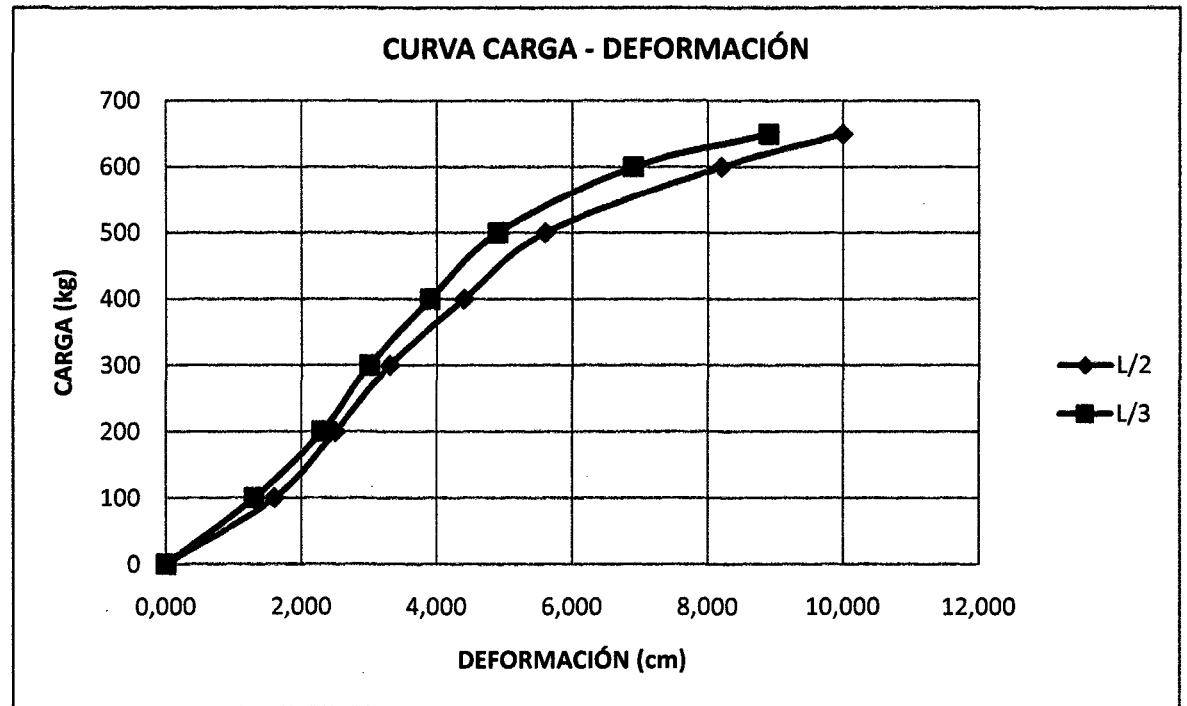
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-17 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,6 | 1,3 |
| 200 | 2,500 | 2,3 |
| 300 | 3,3 | 3 |
| 400 | 4,4 | 3,9 |
| 500 | 5,6 | 4,9 |
| 600 | 8,200 | 6,9 |
| 650 | 10,000 | 8,9 |



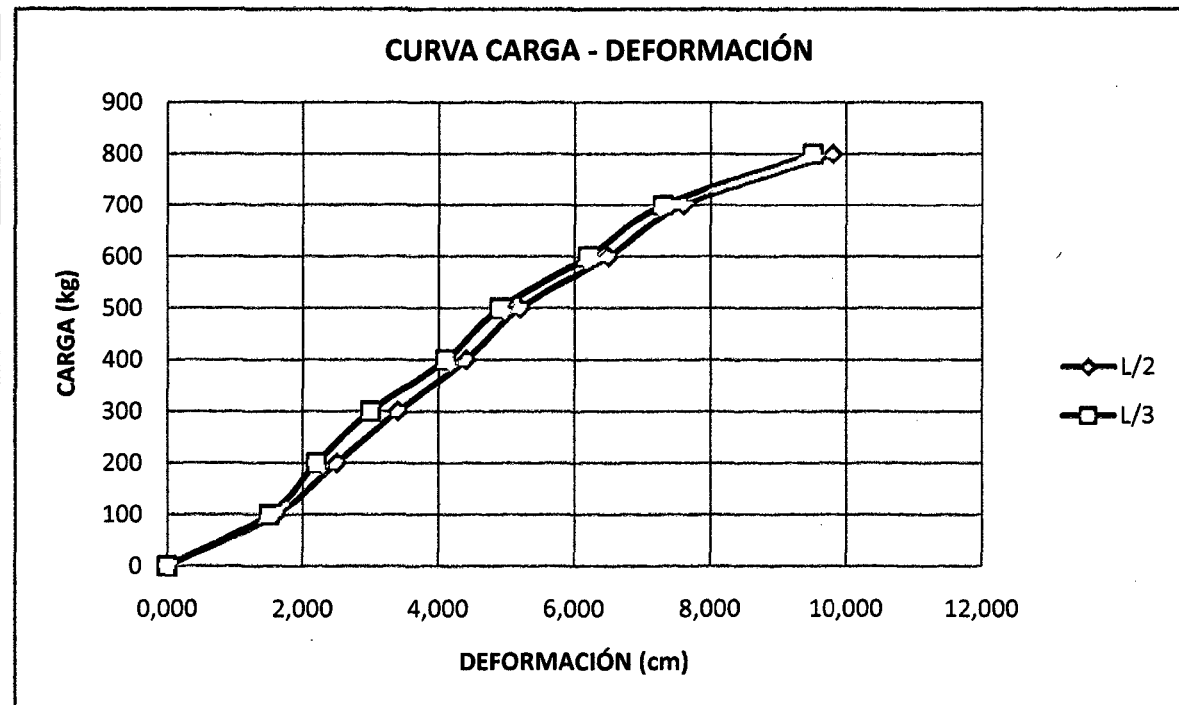
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-18 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,6 | 1,5 |
| 200 | 2,500 | 2,2 |
| 300 | 3,4 | 3 |
| 400 | 4,4 | 4,1 |
| 500 | 5,2 | 4,9 |
| 600 | 6,500 | 6,2 |
| 700 | 7,600 | 7,3 |
| 800 | 9,8 | 9,5 |
| | | |



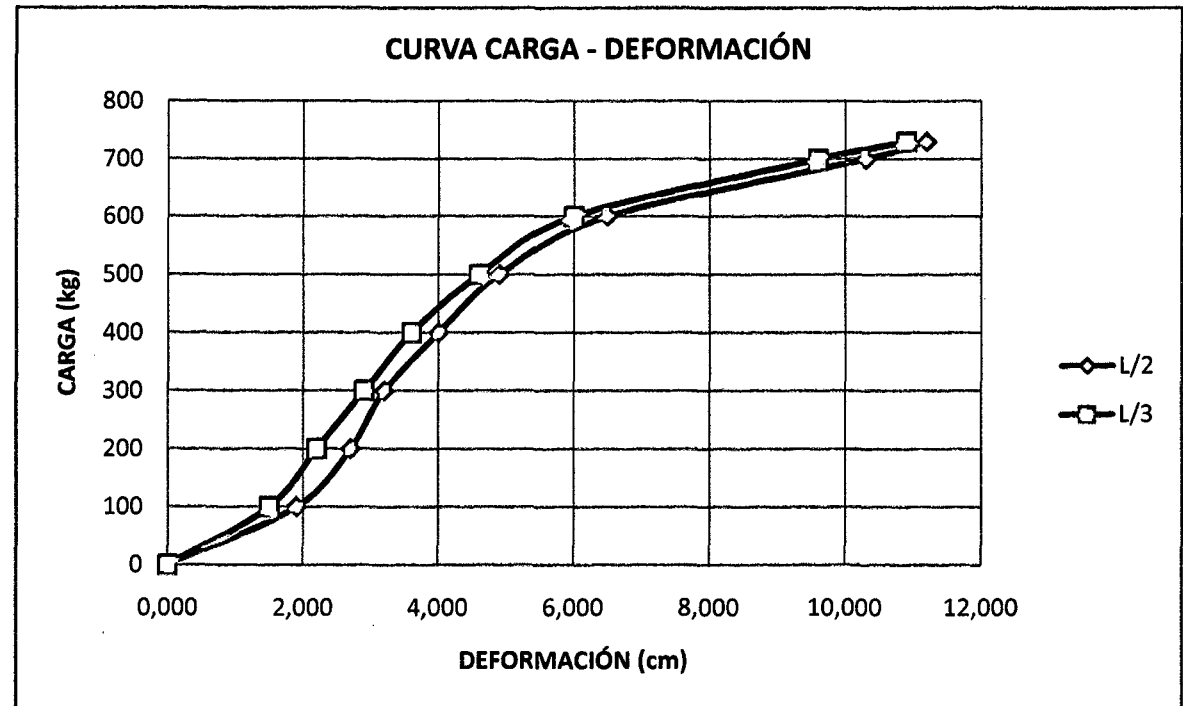
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-19 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,9 | 1,5 |
| 200 | 2,700 | 2,2 |
| 300 | 3,2 | 2,9 |
| 400 | 4 | 3,6 |
| 500 | 4,9 | 4,6 |
| 600 | 6,500 | 6 |
| 700 | 10,300 | 9,6 |
| 730 | 11,2 | 10,9 |
| | | |



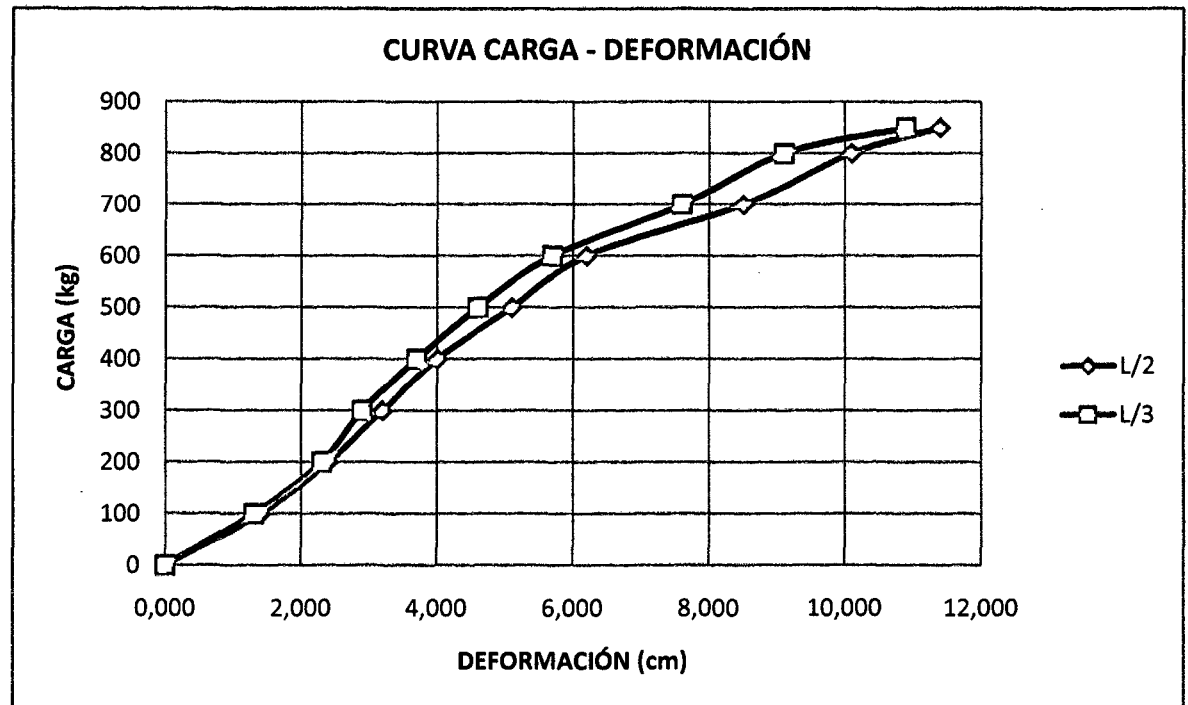
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-20 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,4 | 1,3 |
| 200 | 2,400 | 2,3 |
| 300 | 3,2 | 2,9 |
| 400 | 4 | 3,7 |
| 500 | 5,1 | 4,6 |
| 600 | 6,200 | 5,7 |
| 700 | 8,500 | 7,6 |
| 800 | 10,1 | 9,1 |
| 850 | 11,4 | 10,9 |
| | | |



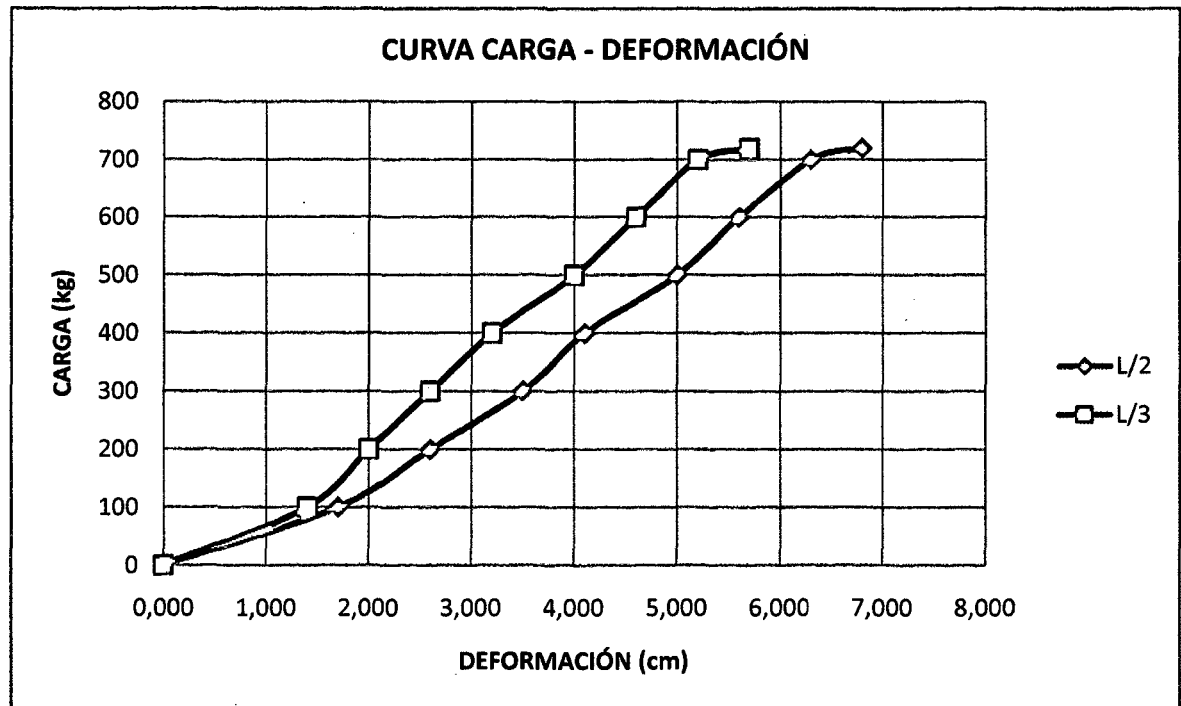
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-21 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,7 | 1,4 |
| 200 | 2,600 | 2 |
| 300 | 3,5 | 2,6 |
| 400 | 4,1 | 3,2 |
| 500 | 5 | 4 |
| 600 | 5,600 | 4,6 |
| 700 | 6,300 | 5,2 |
| 720 | 6,8 | 5,7 |
| | | |



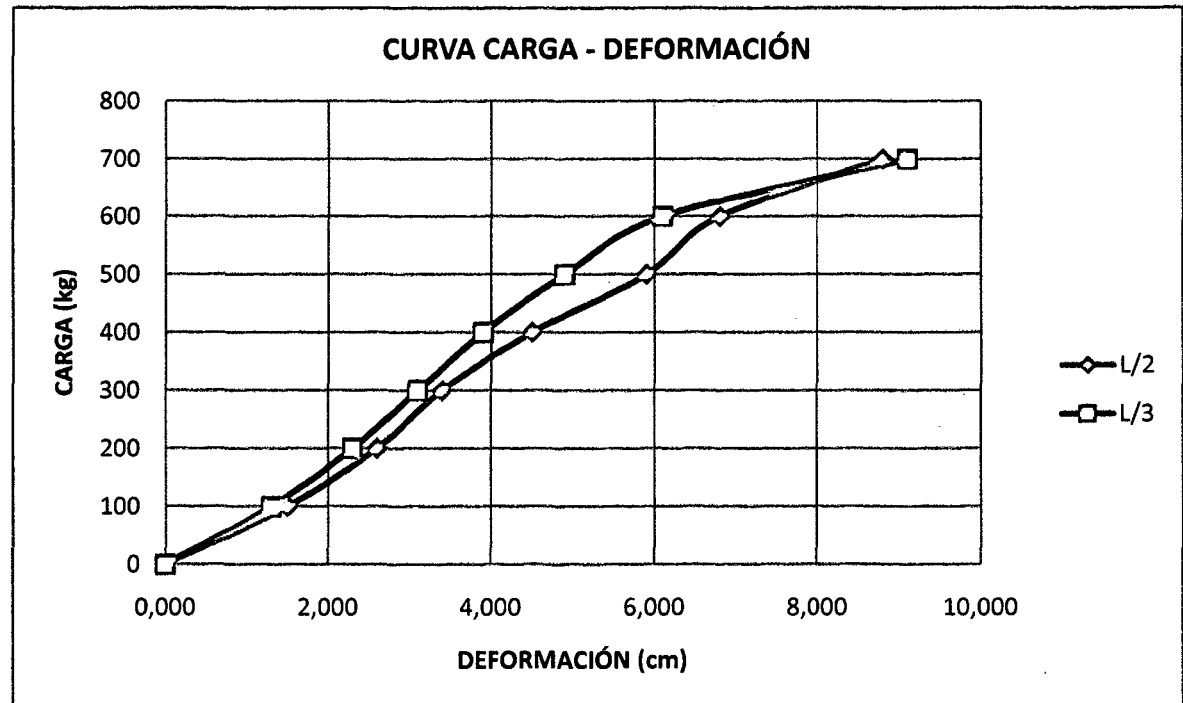
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-22 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,5 | 1,3 |
| 200 | 2,600 | 2,3 |
| 300 | 3,4 | 3,1 |
| 400 | 4,5 | 3,9 |
| 500 | 5,9 | 4,9 |
| 600 | 6,800 | 6,1 |
| 700 | 8,800 | 9,1 |



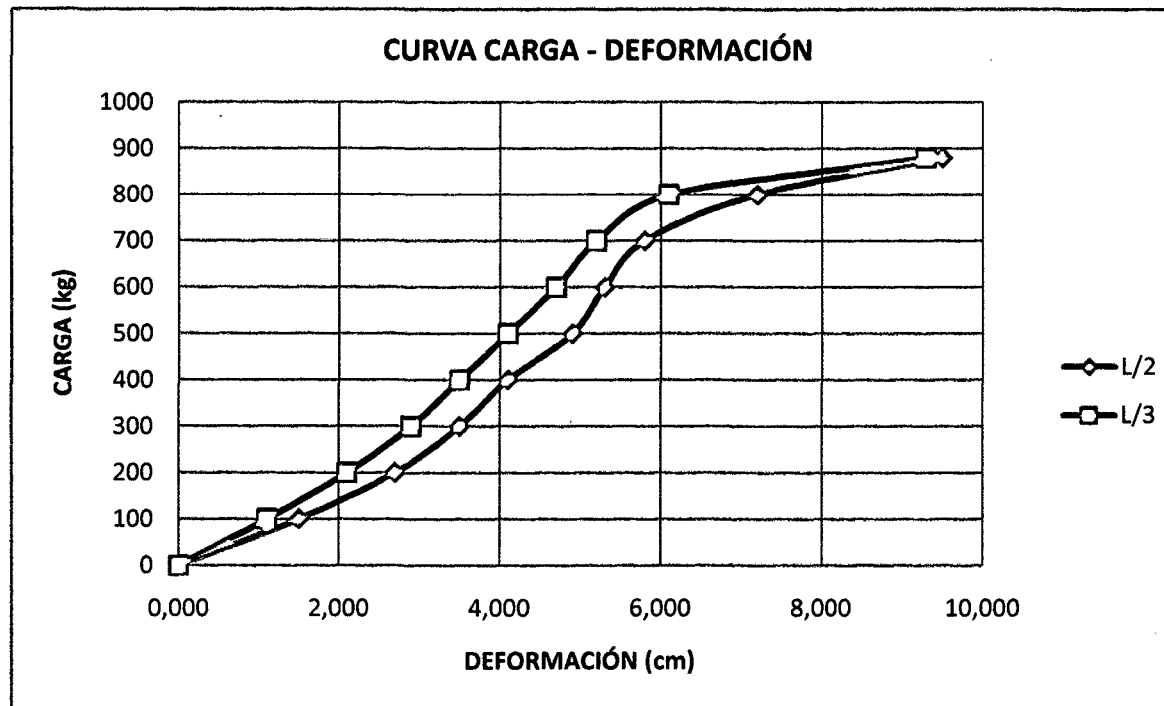
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-23 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,5 | 1,1 |
| 200 | 2,700 | 2,1 |
| 300 | 3,5 | 2,9 |
| 400 | 4,1 | 3,5 |
| 500 | 4,9 | 4,1 |
| 600 | 5,300 | 4,7 |
| 700 | 5,800 | 5,2 |
| 800 | 7,2 | 6,1 |
| 880 | 9,5 | 9,3 |



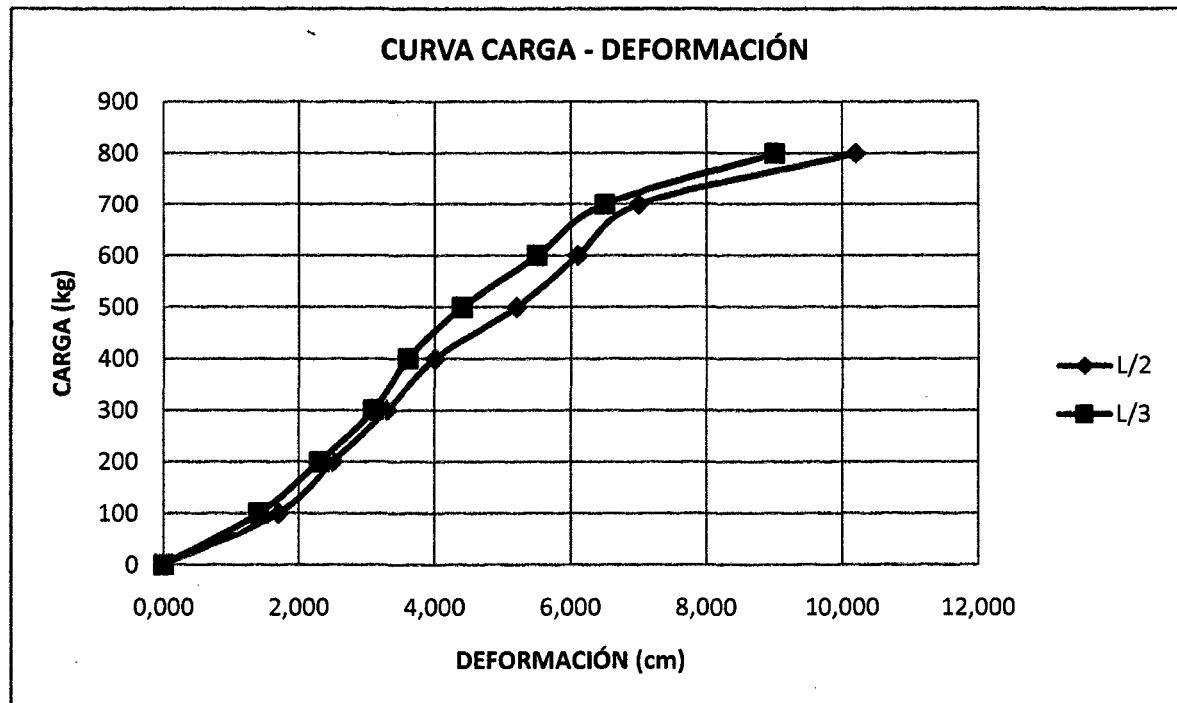
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-24 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,7 | 1,4 |
| 200 | 2,500 | 2,3 |
| 300 | 3,3 | 3,1 |
| 400 | 4 | 3,6 |
| 500 | 5,2 | 4,4 |
| 600 | 6,100 | 5,5 |
| 700 | 7,000 | 6,5 |
| 800 | 10,2 | 9 |



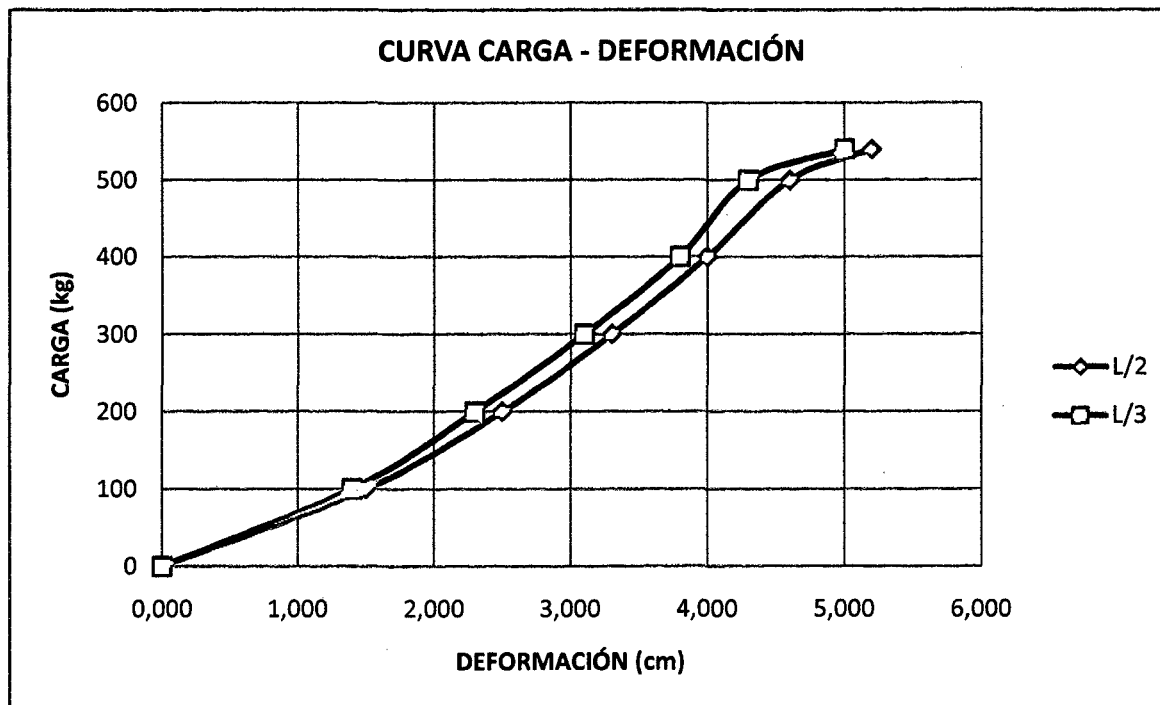
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-25 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,5 | 1,4 |
| 200 | 2,500 | 2,3 |
| 300 | 3,3 | 3,1 |
| 400 | 4 | 3,8 |
| 500 | 4,6 | 4,3 |
| 540 | 5,200 | 5 |
| | | |



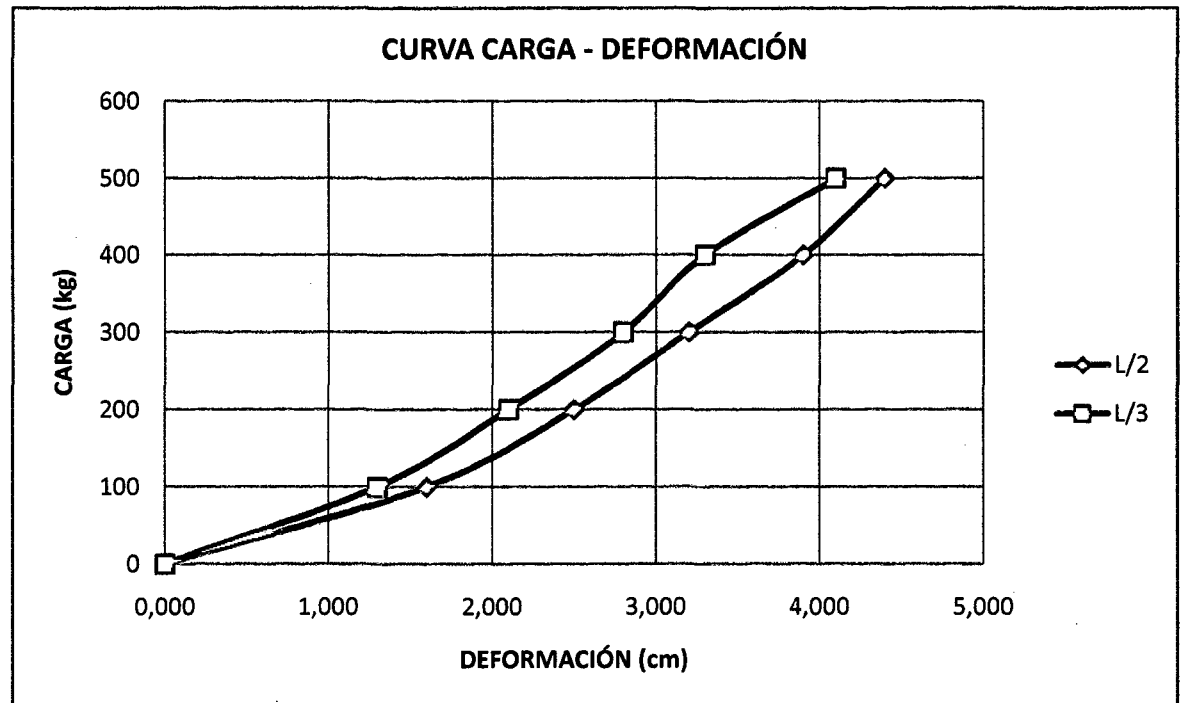
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-26 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,6 | 1,3 |
| 200 | 2,500 | 2,1 |
| 300 | 3,2 | 2,8 |
| 400 | 3,9 | 3,3 |
| 500 | 4,4 | 4,1 |
| | | |



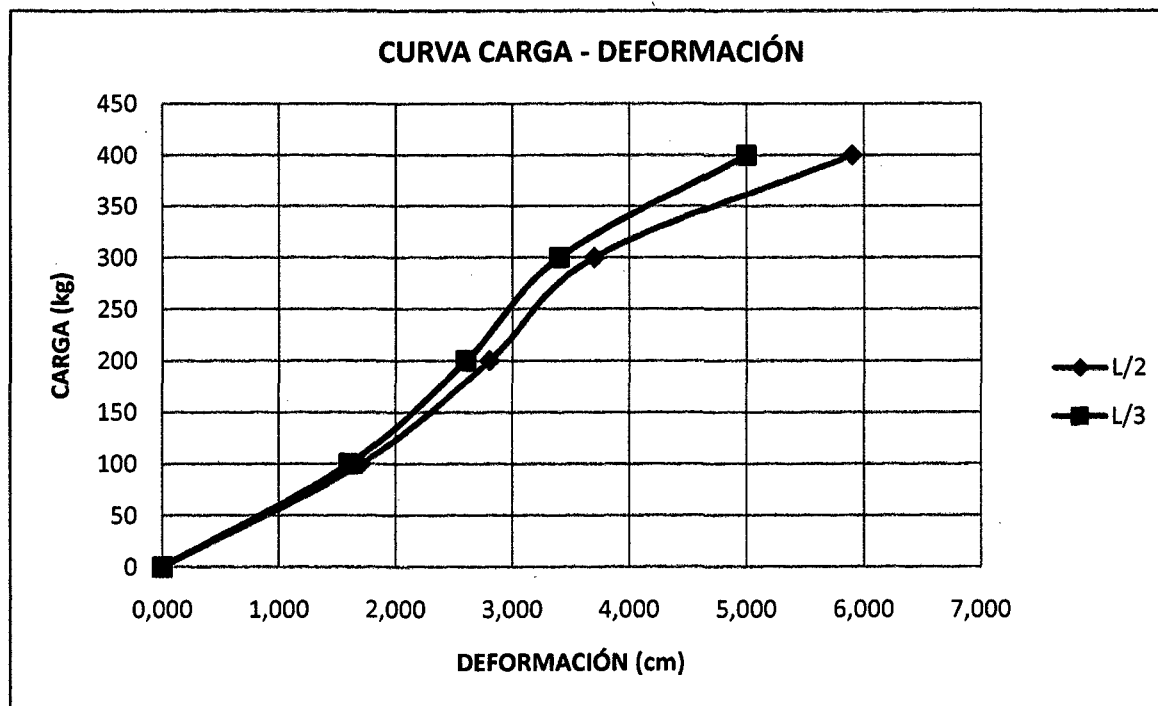
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-27 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,7 | 1,6 |
| 200 | 2,800 | 2,6 |
| 300 | 3,7 | 3,4 |
| 400 | 5,9 | 5 |
| | | |



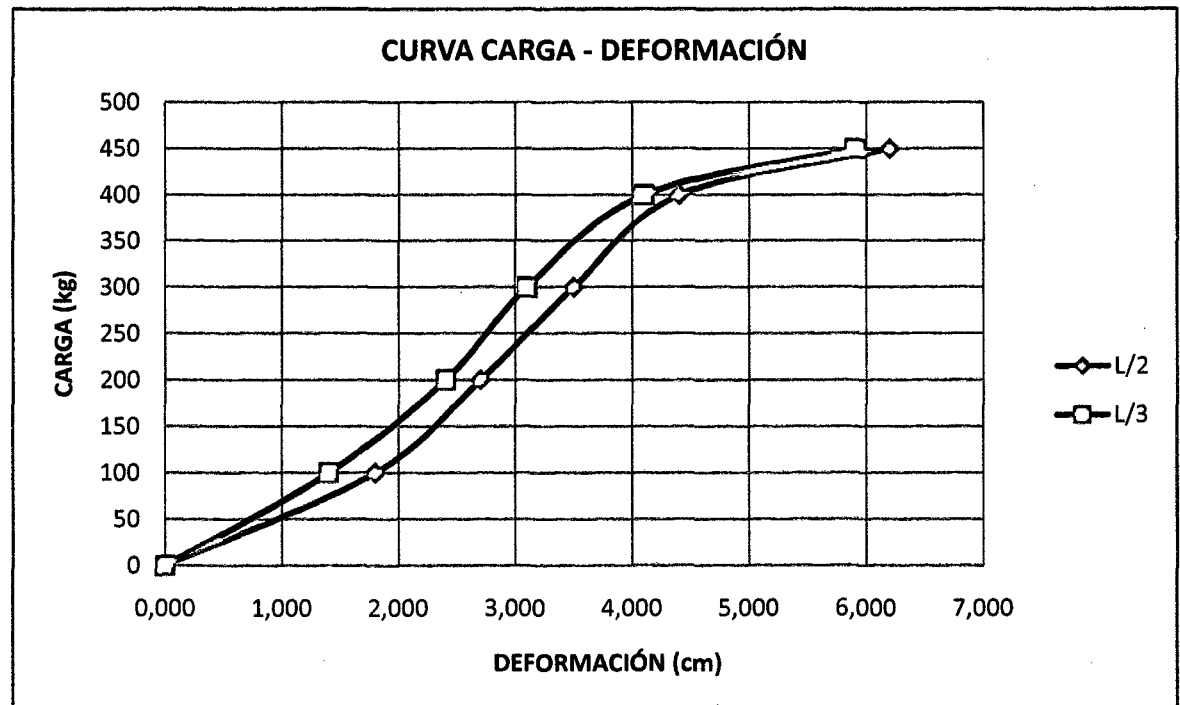
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-28 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,8 | 1,4 |
| 200 | 2,700 | 2,4 |
| 300 | 3,5 | 3,1 |
| 400 | 4,4 | 4,1 |
| 450 | 6,2 | 5,9 |
| | | |



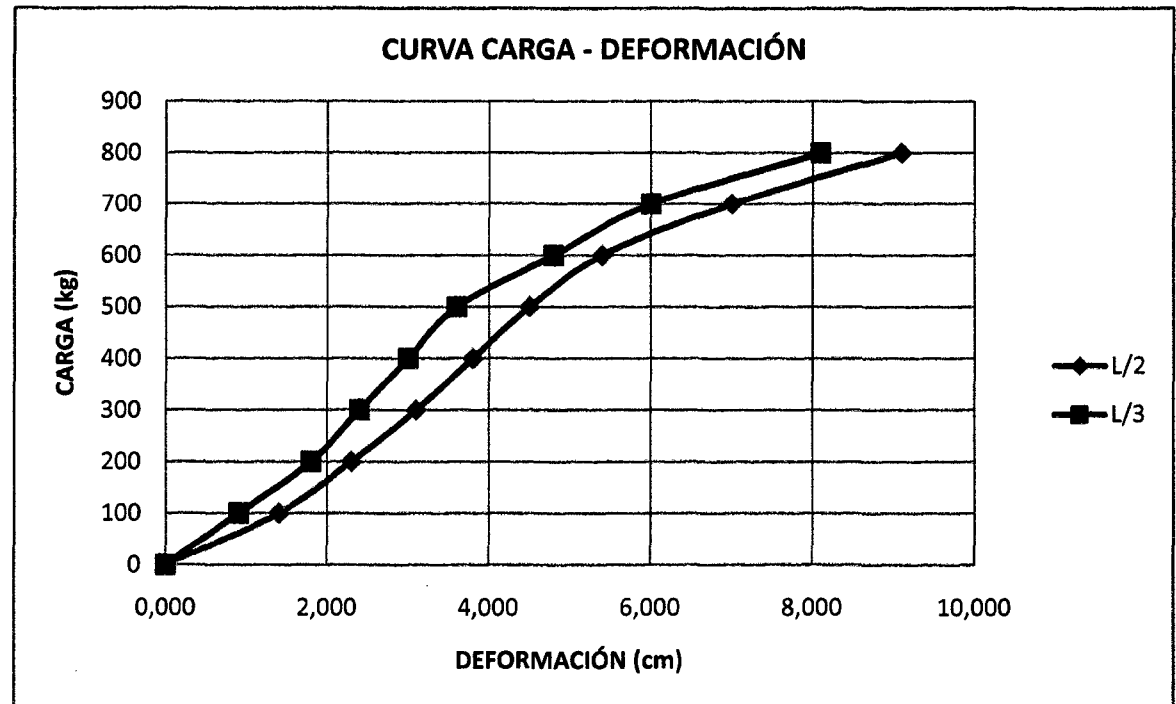
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-29 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,4 | 0,9 |
| 200 | 2,300 | 1,8 |
| 300 | 3,1 | 2,4 |
| 400 | 3,8 | 3 |
| 500 | 4,5 | 3,6 |
| 600 | 5,400 | 4,8 |
| 700 | 7,000 | 6 |
| 800 | 9,1 | 8,1 |



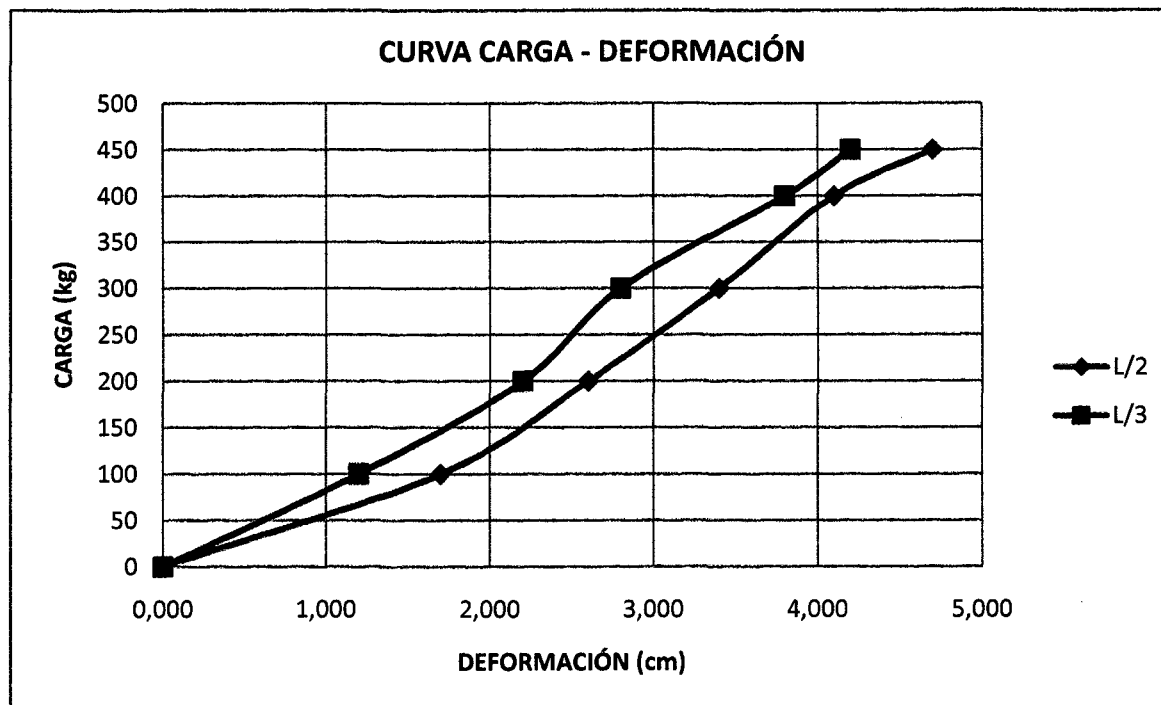
ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA M-30 (4cm x 14cm x 306cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) | Deformación a L/3 (cm) |
|------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 0,000 | 0,000 |
| 100 | 1,7 | 1,2 |
| 200 | 2,600 | 2,2 |
| 300 | 3,4 | 2,8 |
| 400 | 4,1 | 3,8 |
| 450 | 4,7 | 4,2 |
| | | |



**GRÁFICOS ESFUERZO
DEFORMACIÓN EN PROBETAS
LIBRES DE DEFECTOS**

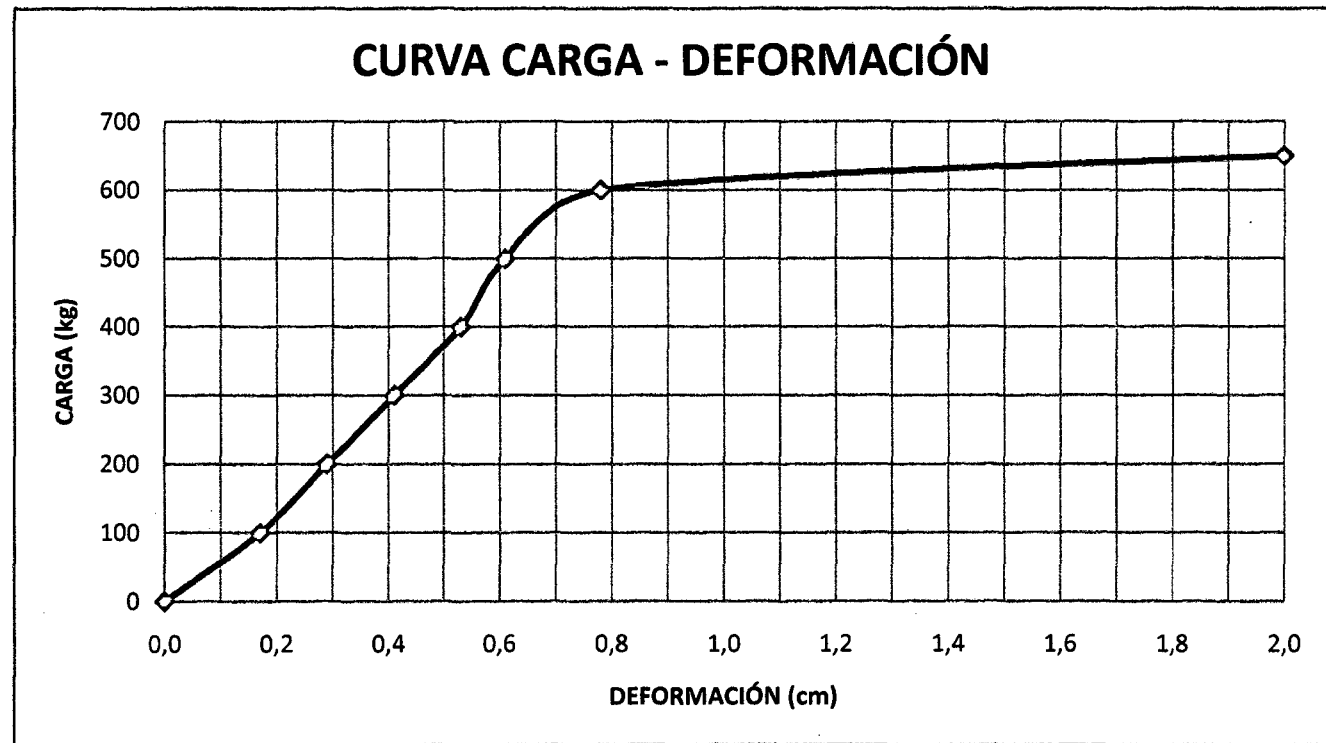
ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-01 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,17 |
| 200 | 0,290 |
| 300 | 0,41 |
| 400 | 0,53 |
| 500 | 0,61 |
| 600 | 0,780 |
| 650 | 2,000 |



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

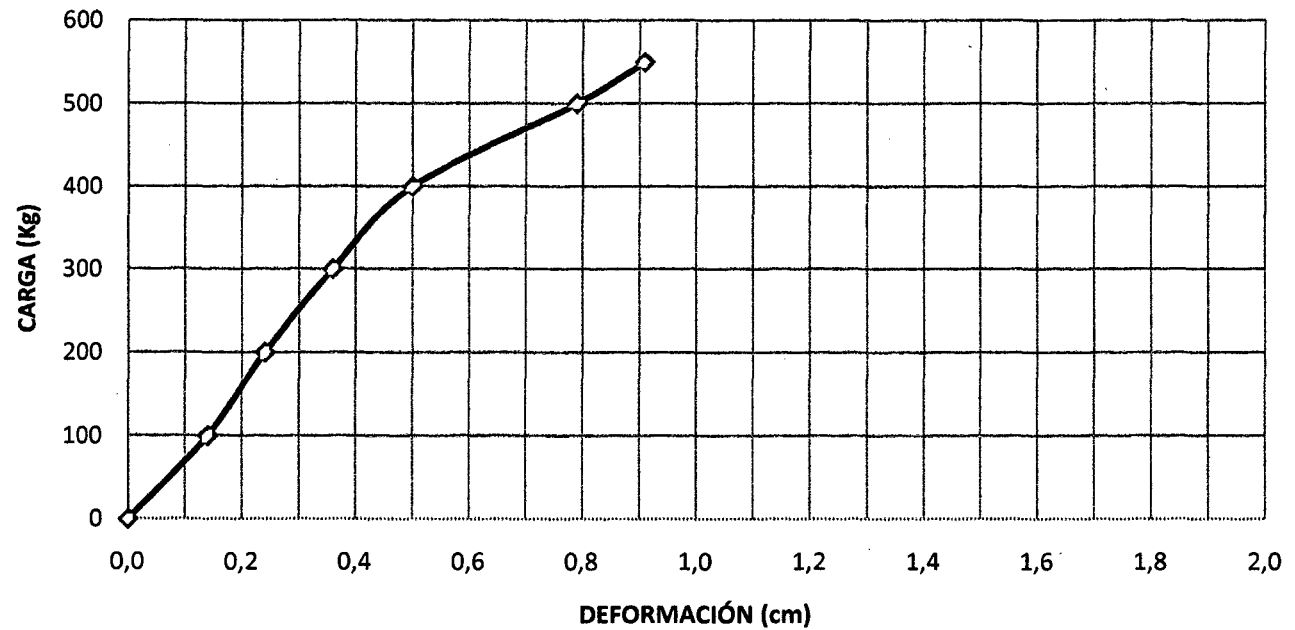
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-02 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,14 |
| 200 | 0,240 |
| 300 | 0,36 |
| 400 | 0,5 |
| 500 | 0,79 |
| 550 | 0,910 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

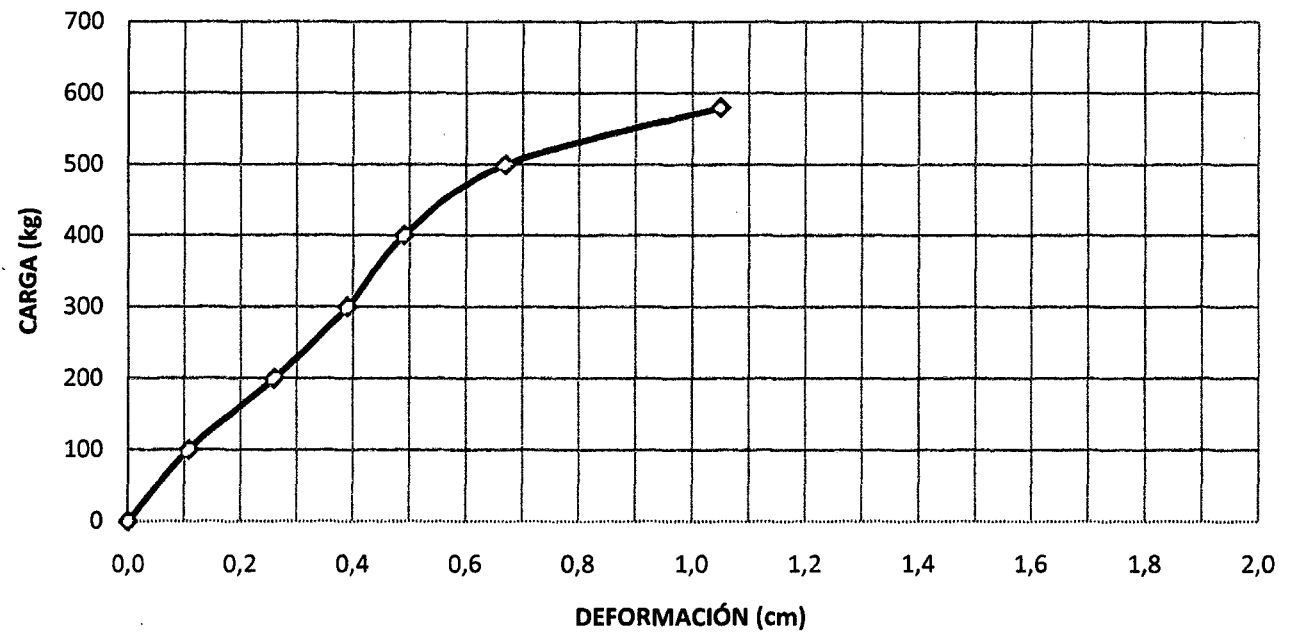
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-03 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,108 |
| 200 | 0,260 |
| 300 | 0,39 |
| 400 | 0,49 |
| 500 | 0,67 |
| 580 | 1,050 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

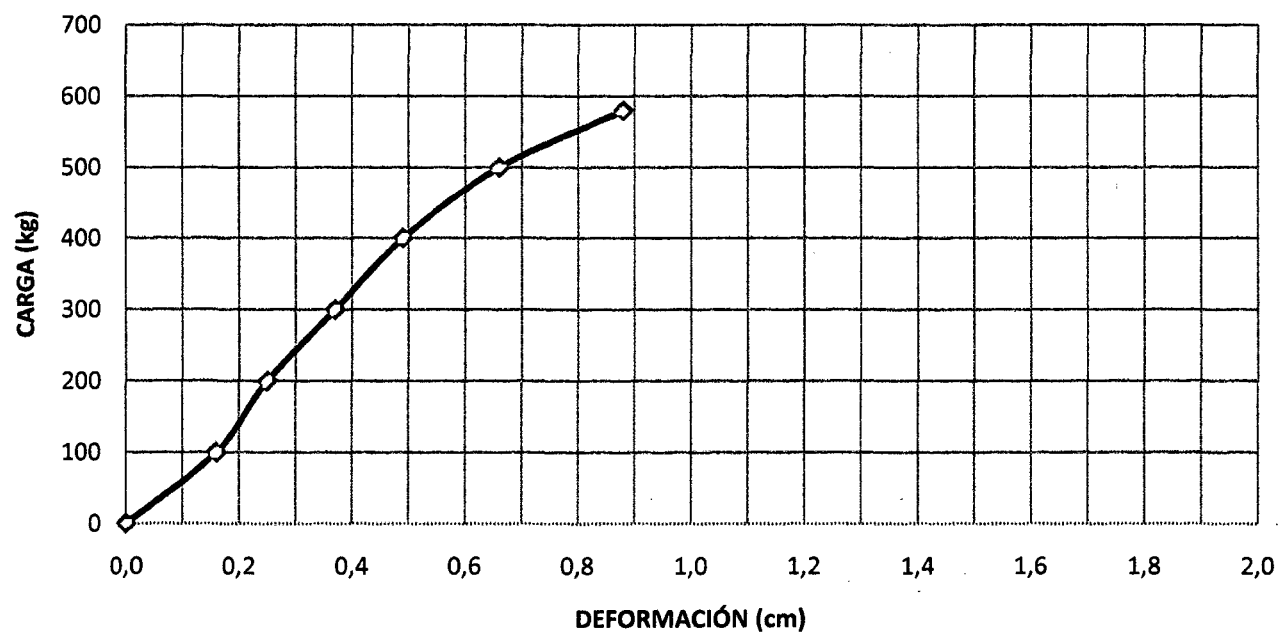
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-04 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,160 |
| 200 | 0,250 |
| 300 | 0,370 |
| 400 | 0,490 |
| 500 | 0,660 |
| 580 | 0,880 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

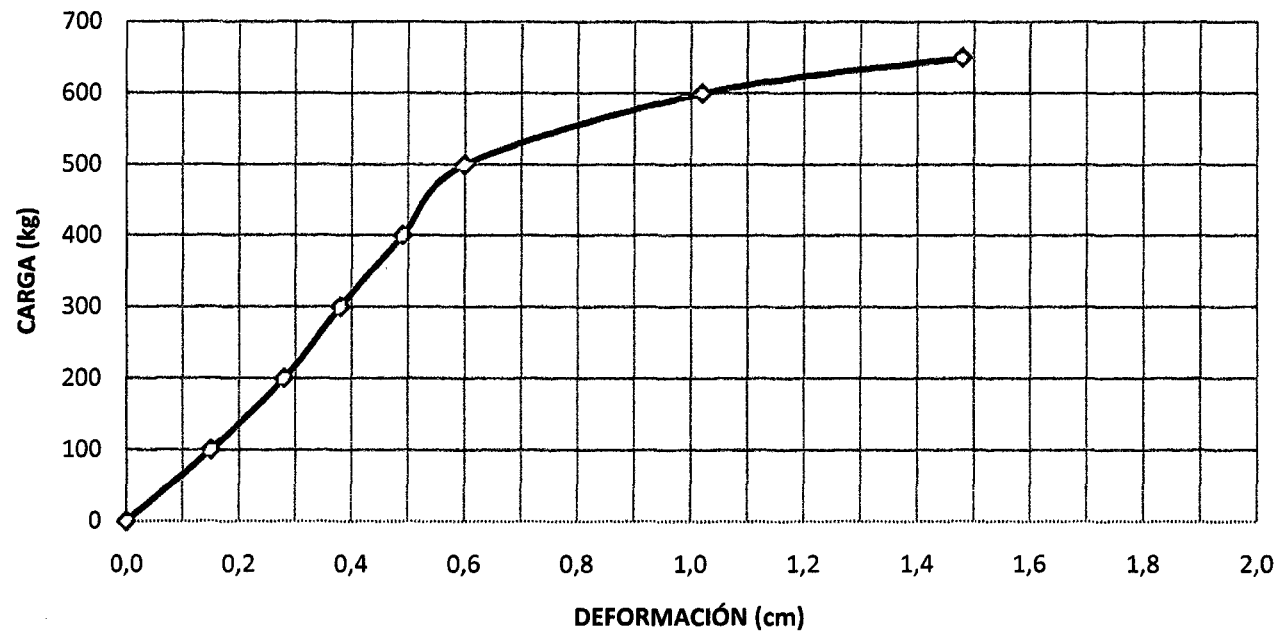
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-05 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,15 |
| 200 | 0,280 |
| 300 | 0,38 |
| 400 | 0,49 |
| 500 | 0,6 |
| 600 | 1,020 |
| 650 | 1,480 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

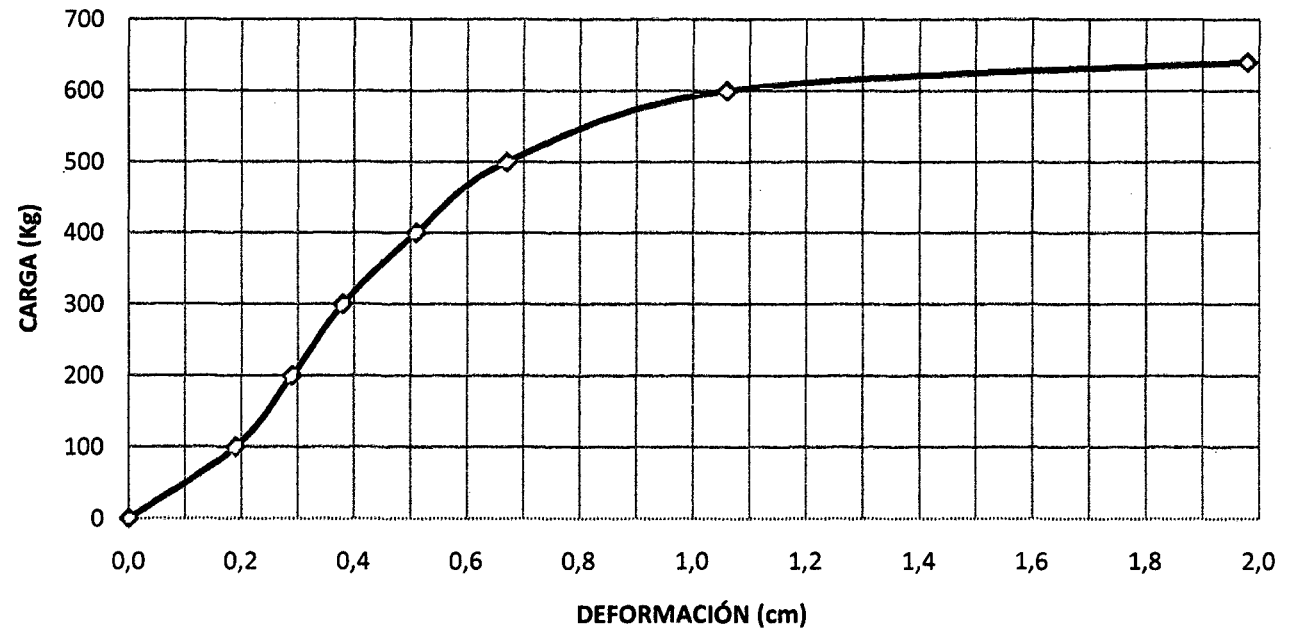
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-06 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,19 |
| 200 | 0,290 |
| 300 | 0,38 |
| 400 | 0,51 |
| 500 | 0,67 |
| 600 | 1,060 |
| 640 | 1,980 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

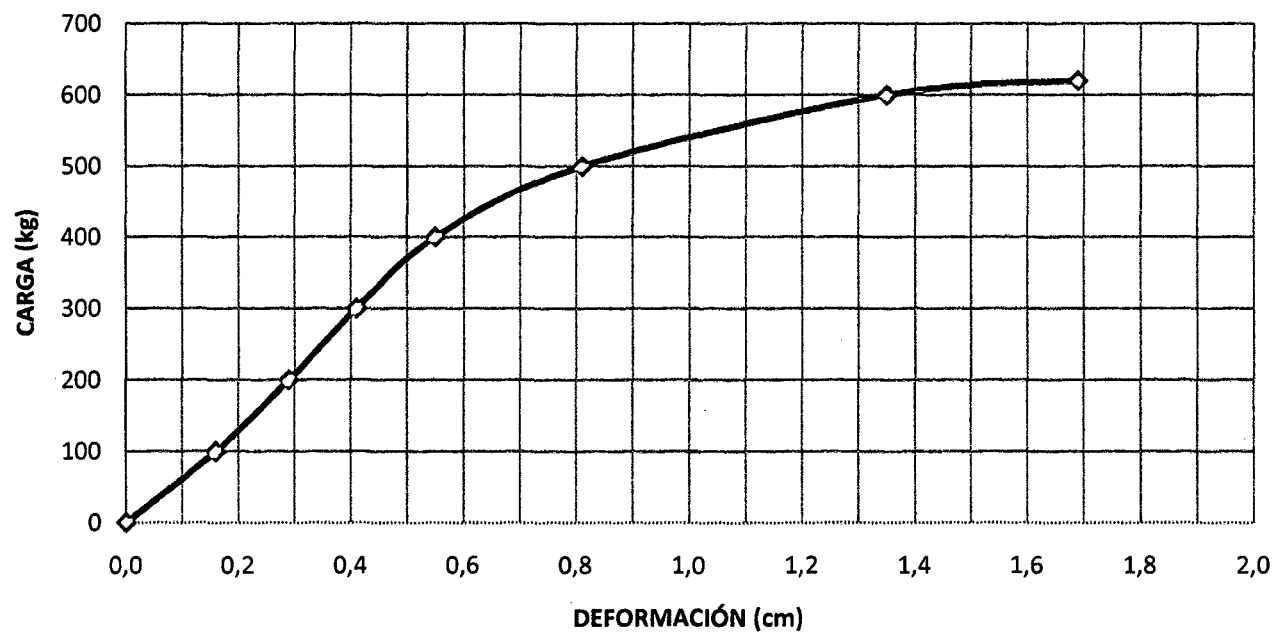
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-07 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,16 |
| 200 | 0,290 |
| 300 | 0,41 |
| 400 | 0,55 |
| 500 | 0,81 |
| 600 | 1,350 |
| 620 | 1,690 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

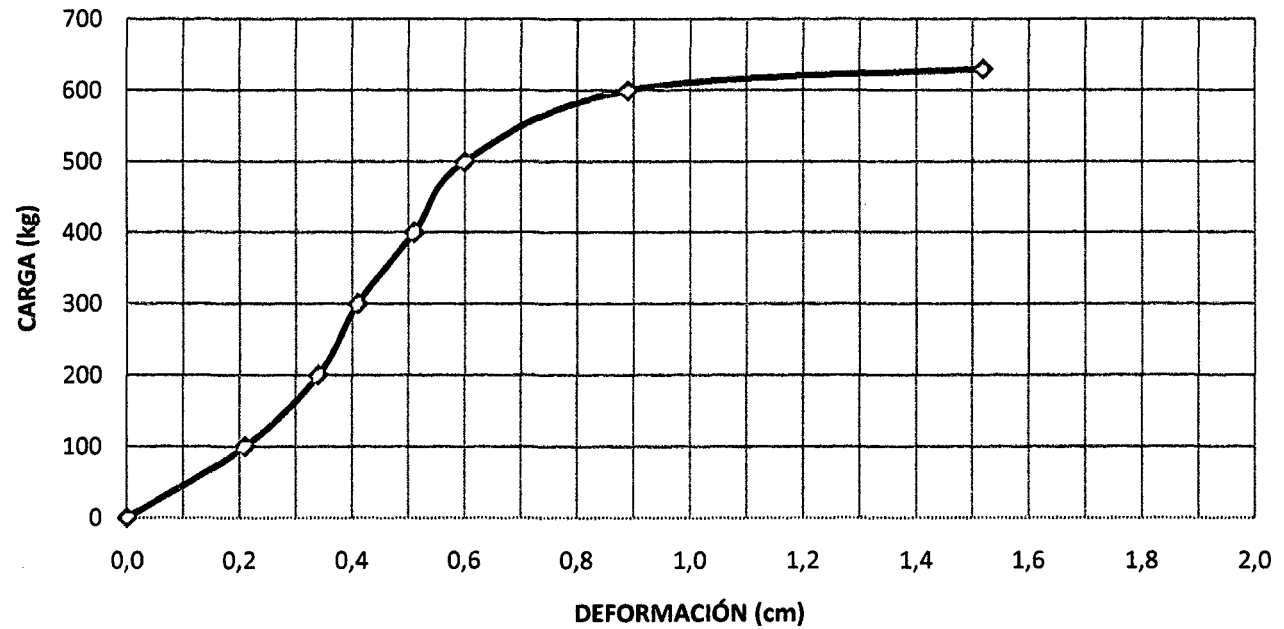
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-08 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,21 |
| 200 | 0,340 |
| 300 | 0,41 |
| 400 | 0,51 |
| 500 | 0,6 |
| 600 | 0,890 |
| 630 | 1,520 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

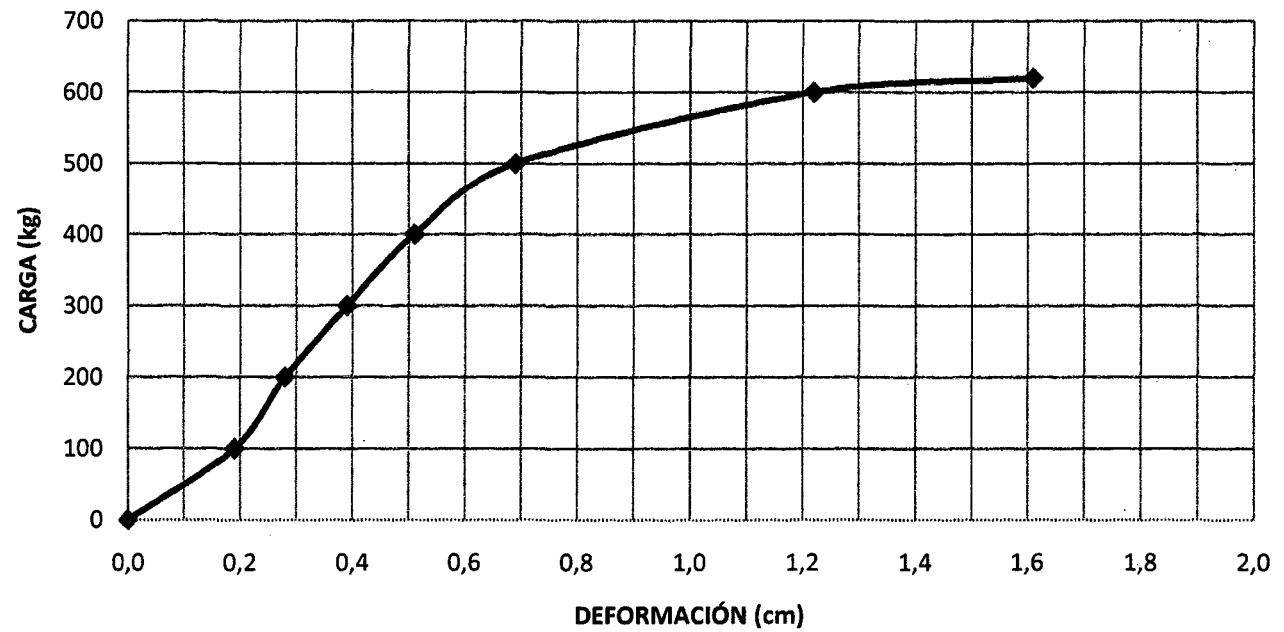
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-09 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,19 |
| 200 | 0,280 |
| 300 | 0,39 |
| 400 | 0,51 |
| 500 | 0,69 |
| 600 | 1,220 |
| 620 | 1,610 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

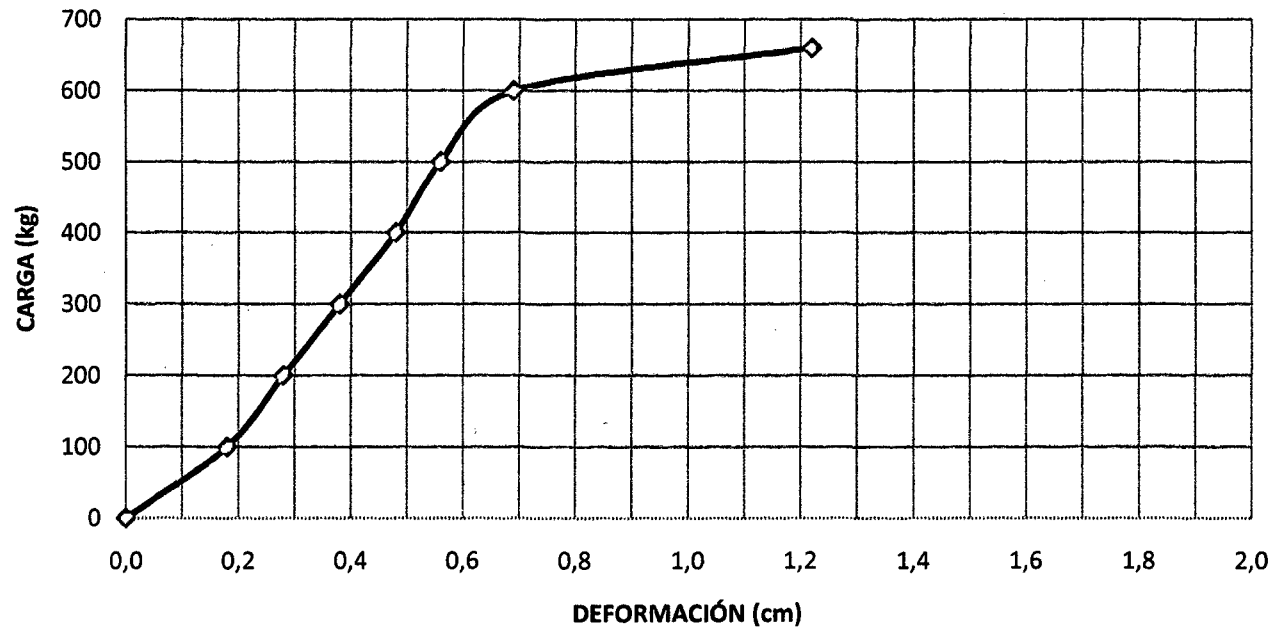
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-10 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,18 |
| 200 | 0,280 |
| 300 | 0,38 |
| 400 | 0,48 |
| 500 | 0,56 |
| 600 | 0,690 |
| 660 | 1,220 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

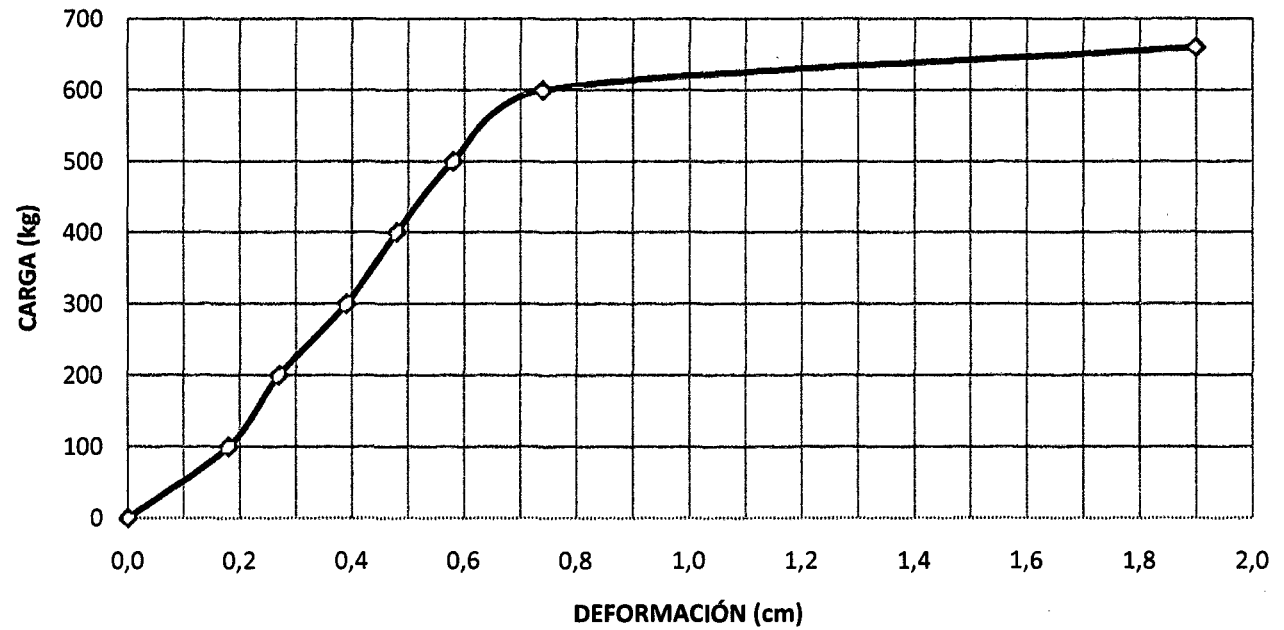
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-11 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,18 |
| 200 | 0,270 |
| 300 | 0,39 |
| 400 | 0,48 |
| 500 | 0,58 |
| 600 | 0,740 |
| 660 | 1,900 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

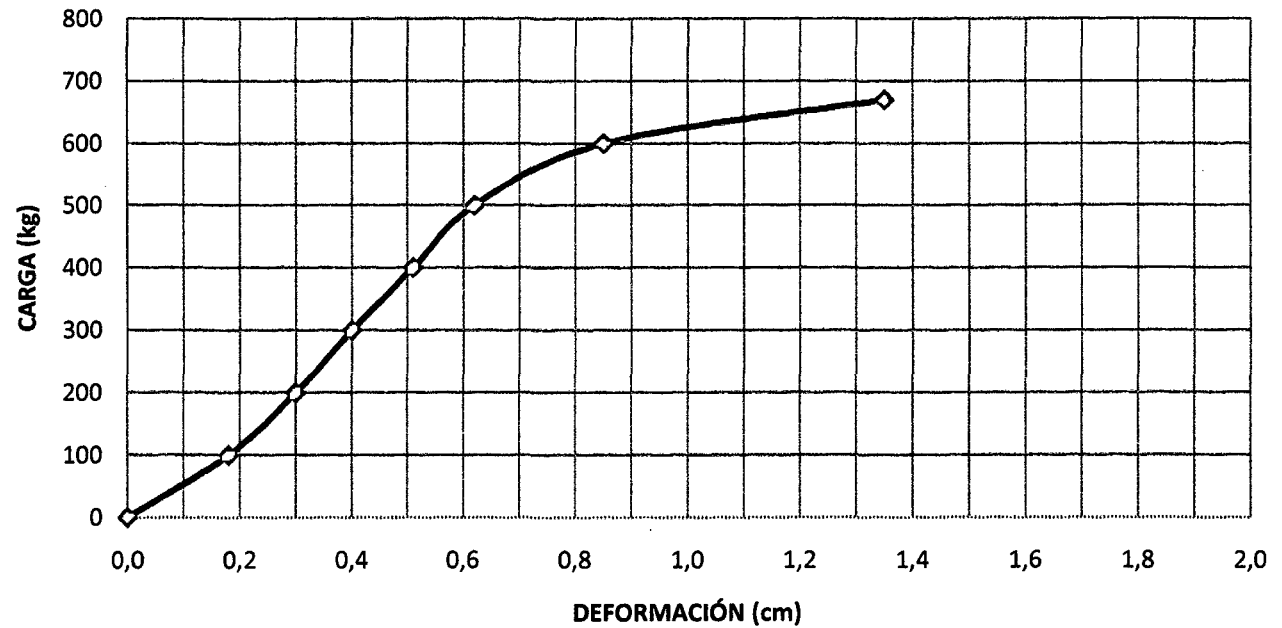
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-12 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,18 |
| 200 | 0,300 |
| 300 | 0,4 |
| 400 | 0,51 |
| 500 | 0,62 |
| 600 | 0,850 |
| 670 | 1,350 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

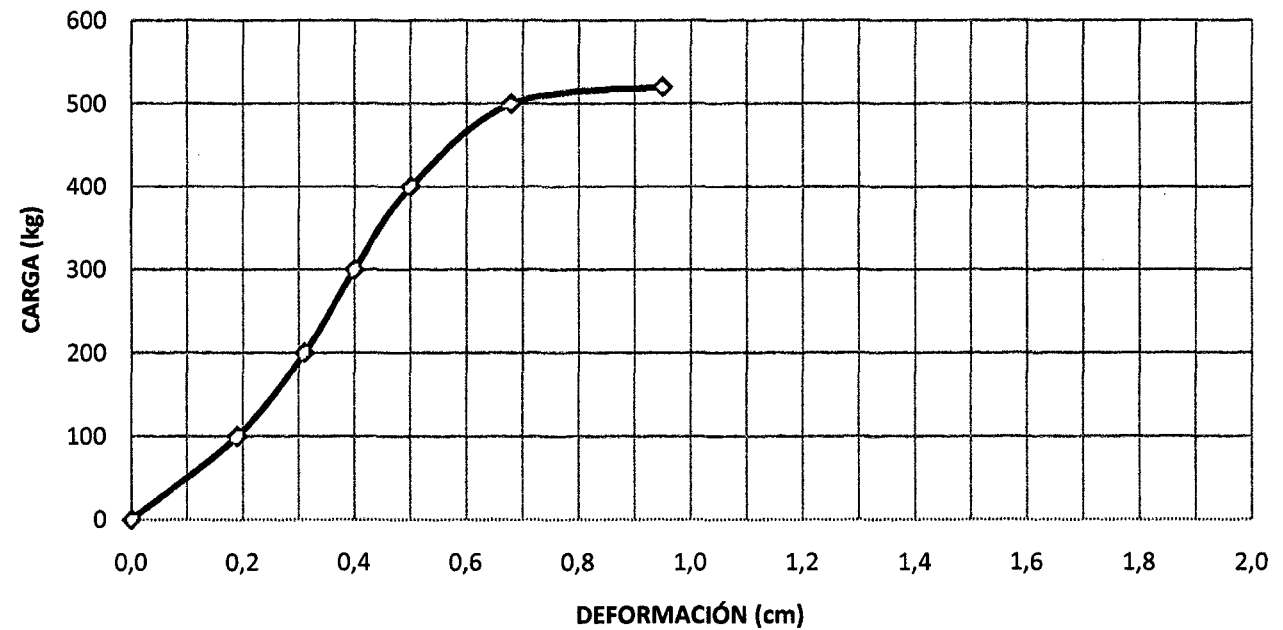
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-13 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,19 |
| 200 | 0,310 |
| 300 | 0,4 |
| 400 | 0,5 |
| 500 | 0,68 |
| 520 | 0,950 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



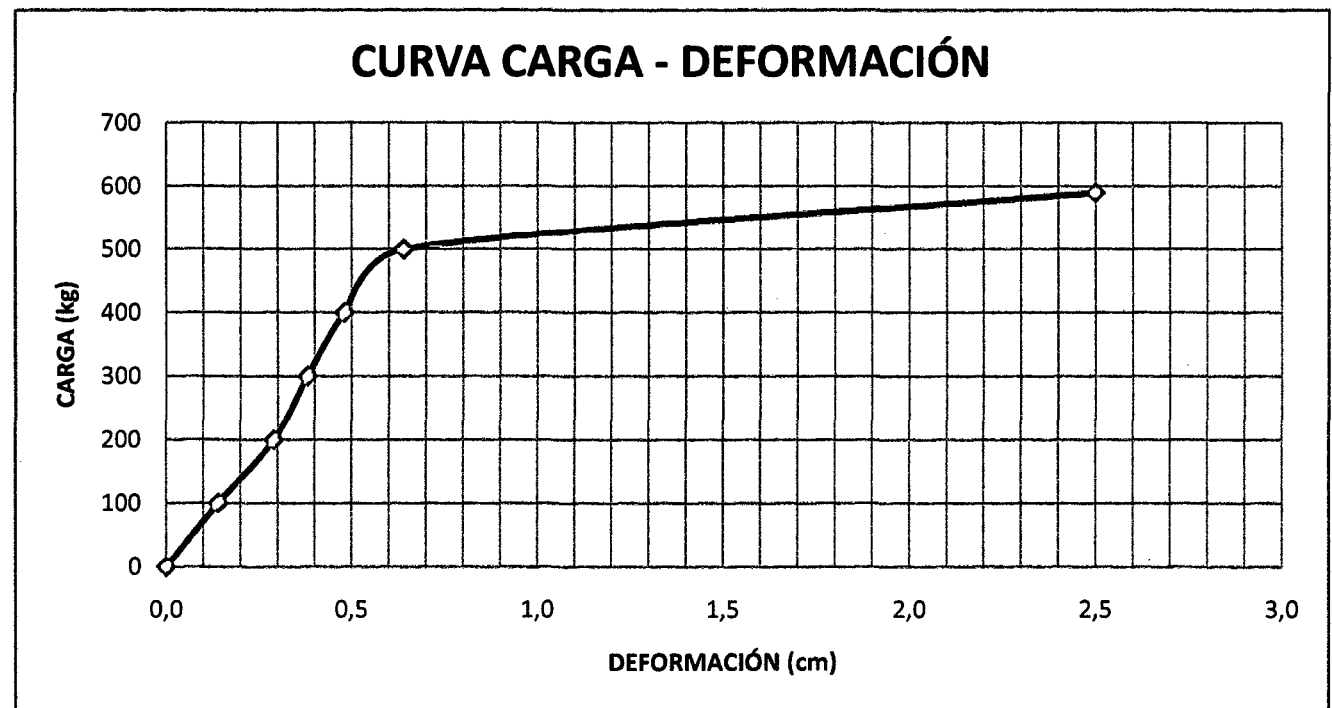
ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-14 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,14 |
| 200 | 0,290 |
| 300 | 0,38 |
| 400 | 0,48 |
| 500 | 0,64 |
| 590 | 2,500 |



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

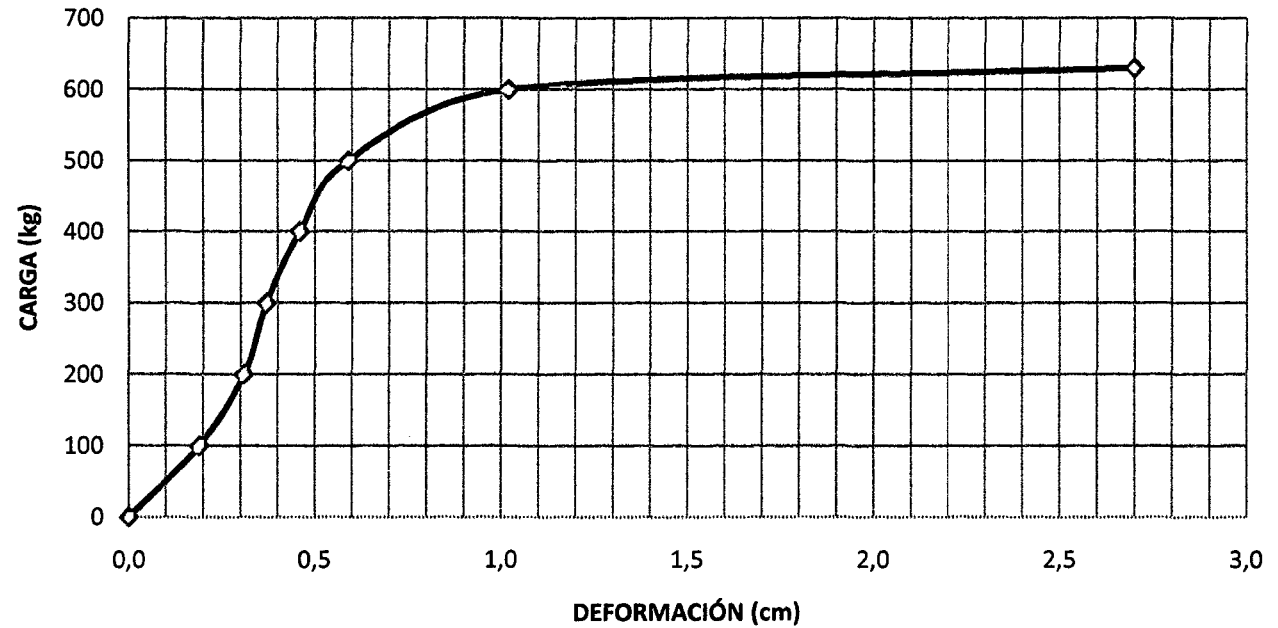
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-15 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,19 |
| 200 | 0,310 |
| 300 | 0,37 |
| 400 | 0,46 |
| 500 | 0,59 |
| 600 | 1,020 |
| 630 | 2,700 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

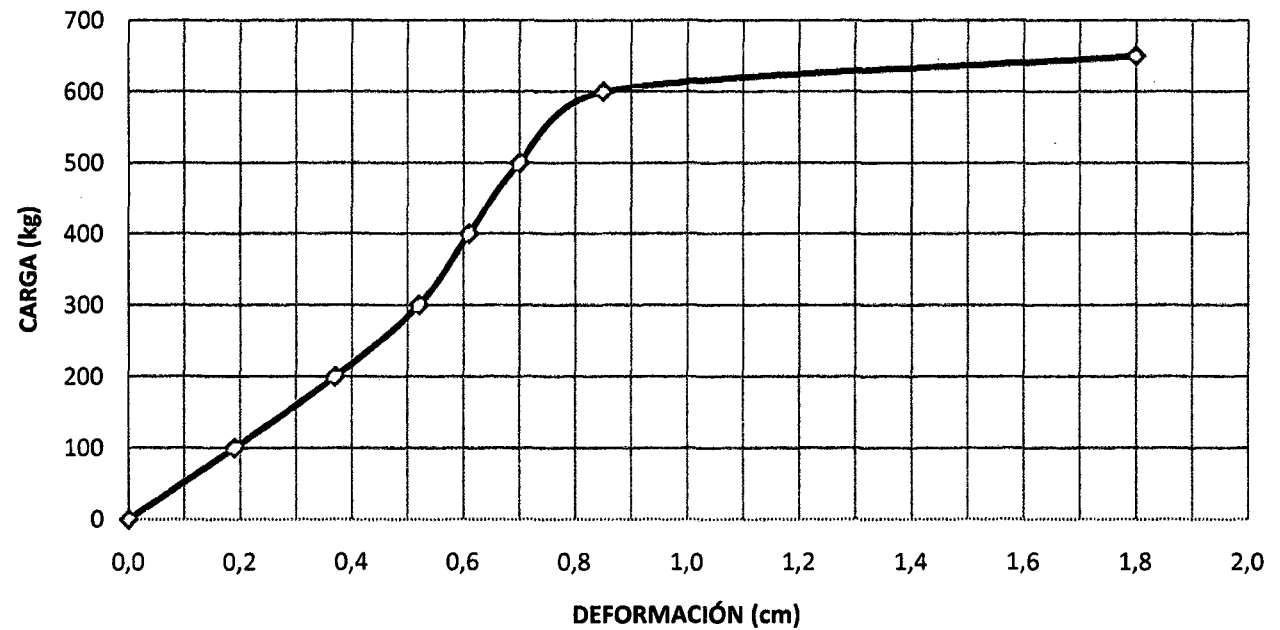
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-16 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,19 |
| 200 | 0,370 |
| 300 | 0,52 |
| 400 | 0,61 |
| 500 | 0,7 |
| 600 | 0,850 |
| 650 | 1,800 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

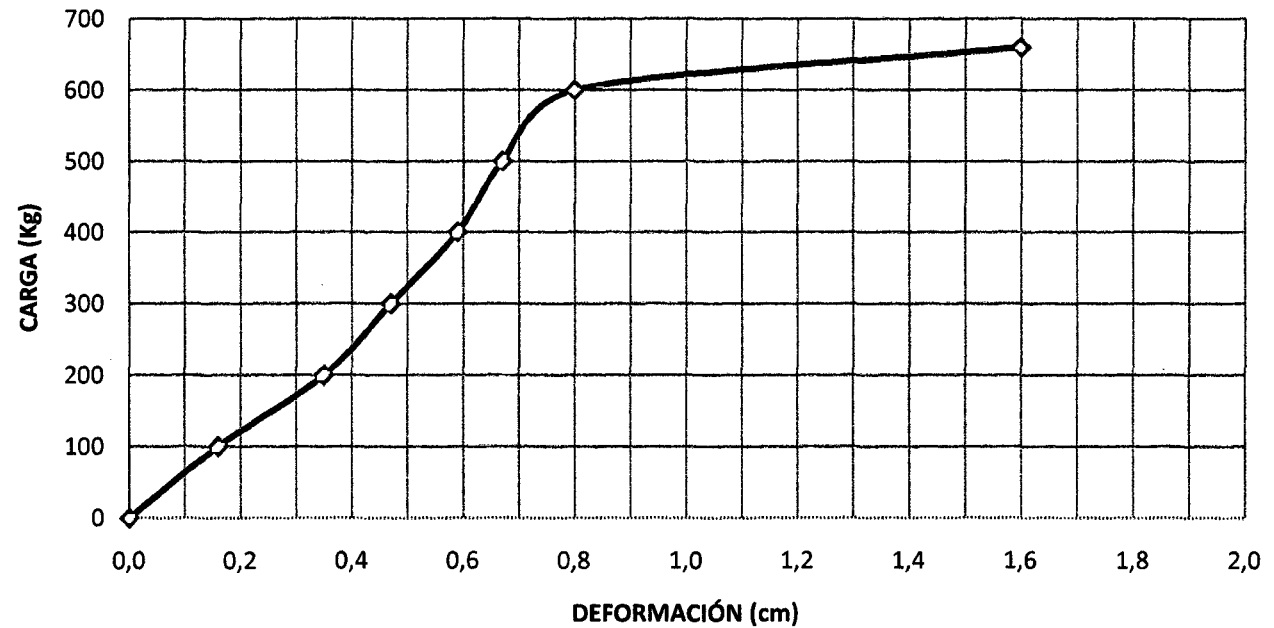
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-17 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,16 |
| 200 | 0,350 |
| 300 | 0,47 |
| 400 | 0,59 |
| 500 | 0,67 |
| 600 | 0,800 |
| 660 | 1,600 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

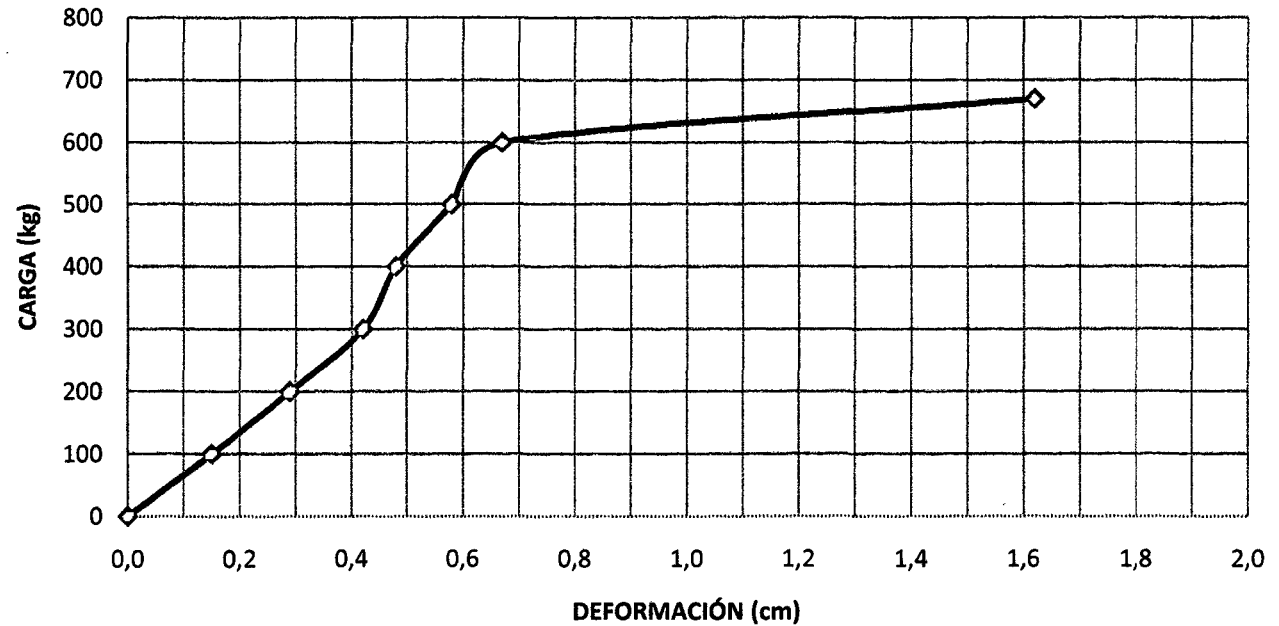
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-18 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,15 |
| 200 | 0,290 |
| 300 | 0,42 |
| 400 | 0,48 |
| 500 | 0,58 |
| 600 | 0,670 |
| 670 | 1,620 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

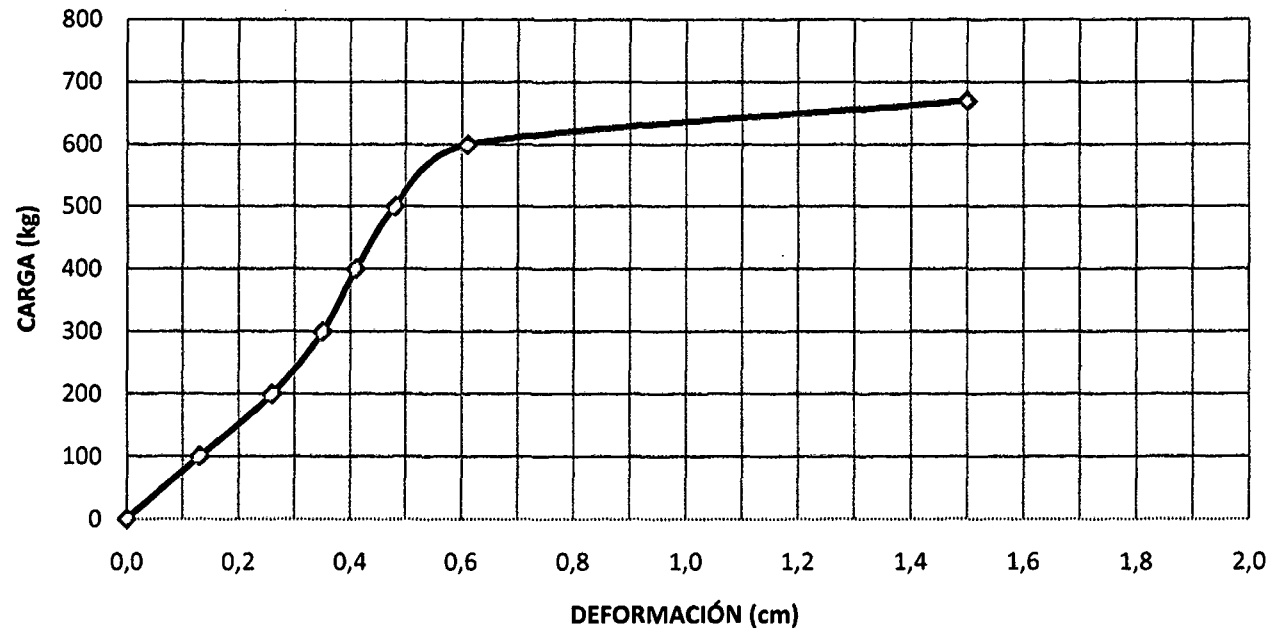
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-19 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,13 |
| 200 | 0,260 |
| 300 | 0,35 |
| 400 | 0,41 |
| 500 | 0,48 |
| 600 | 0,610 |
| 670 | 1,500 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

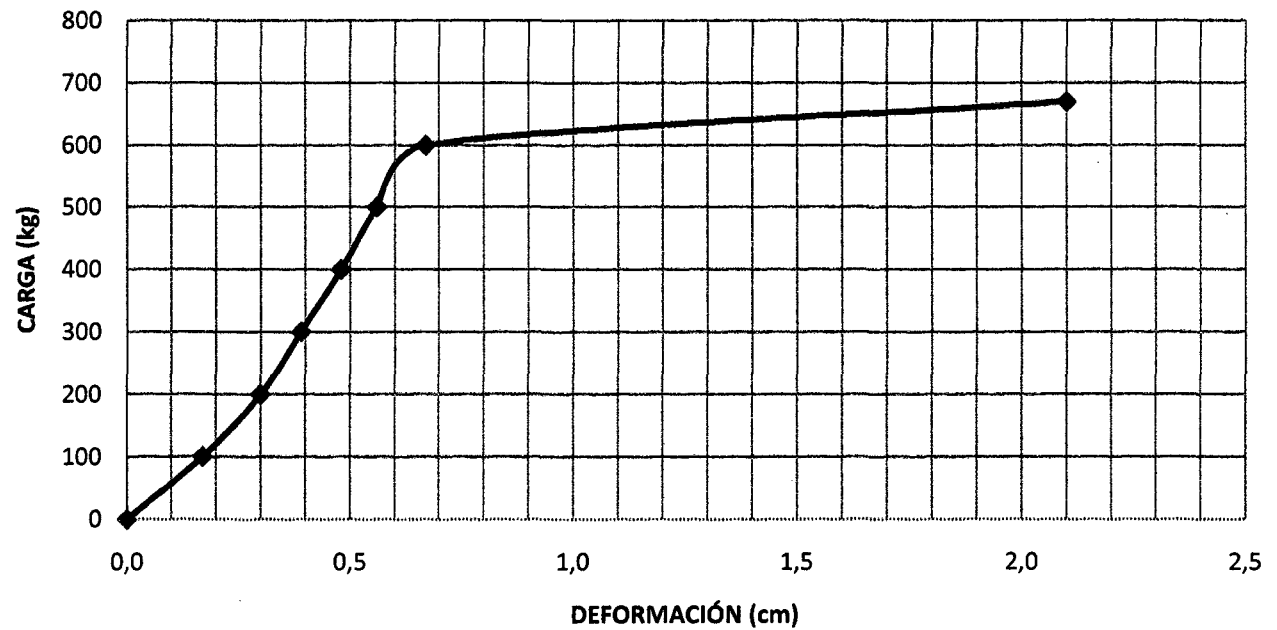
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-20 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,17 |
| 200 | 0,300 |
| 300 | 0,39 |
| 400 | 0,48 |
| 500 | 0,56 |
| 600 | 0,670 |
| 670 | 2,100 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

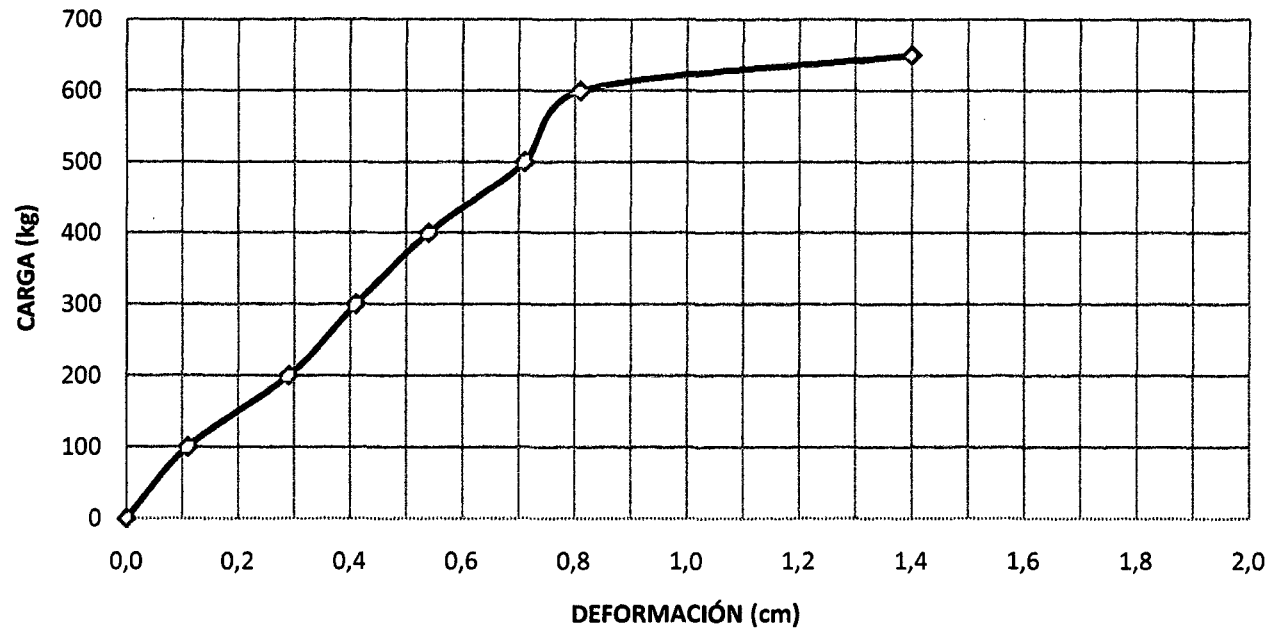
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-21 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,11 |
| 200 | 0,290 |
| 300 | 0,41 |
| 400 | 0,54 |
| 500 | 0,71 |
| 600 | 0,810 |
| 650 | 1,400 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

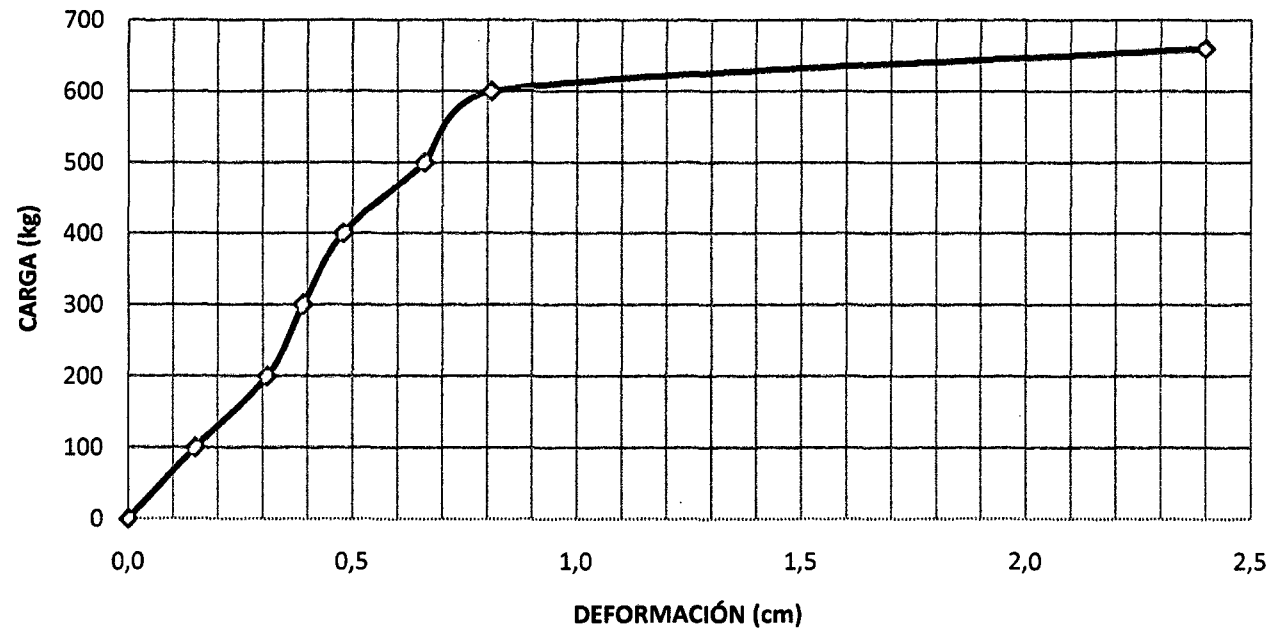
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-22 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,15 |
| 200 | 0,310 |
| 300 | 0,39 |
| 400 | 0,48 |
| 500 | 0,66 |
| 600 | 0,810 |
| 660 | 2,400 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

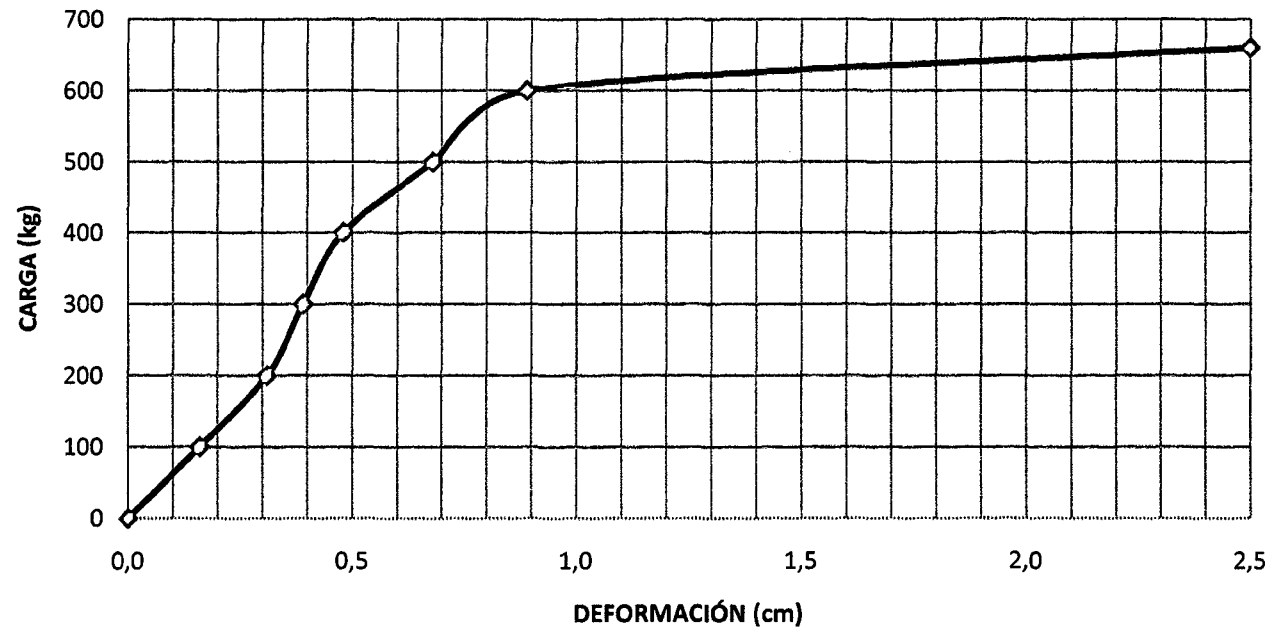
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-23 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,16 |
| 200 | 0,310 |
| 300 | 0,39 |
| 400 | 0,48 |
| 500 | 0,68 |
| 600 | 0,890 |
| 660 | 2,500 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

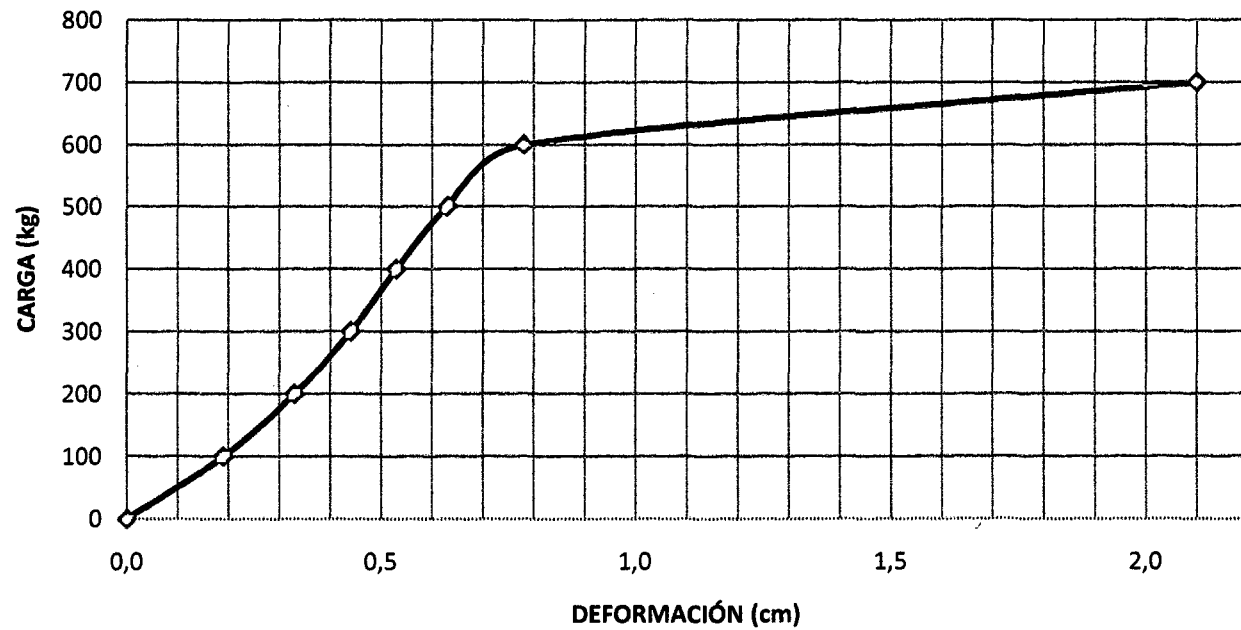
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-24 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,19 |
| 200 | 0,330 |
| 300 | 0,44 |
| 400 | 0,53 |
| 500 | 0,63 |
| 600 | 0,780 |
| 700 | 2,100 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

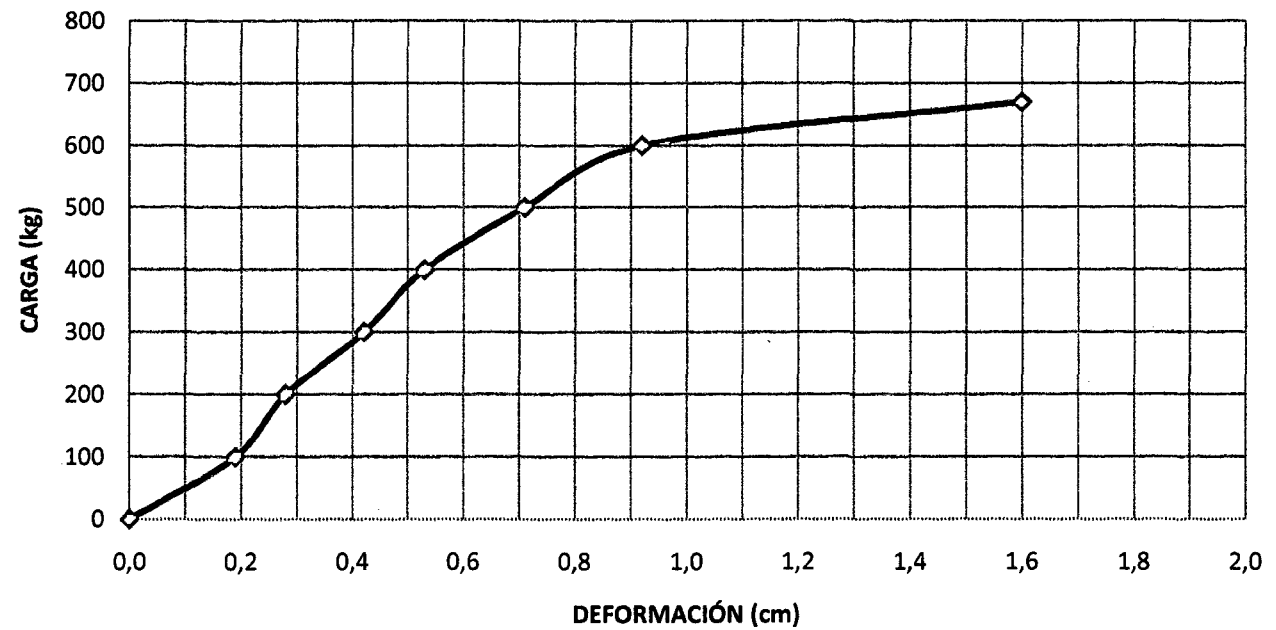
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-25 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,19 |
| 200 | 0,280 |
| 300 | 0,42 |
| 400 | 0,53 |
| 500 | 0,71 |
| 600 | 0,920 |
| 670 | 1,600 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

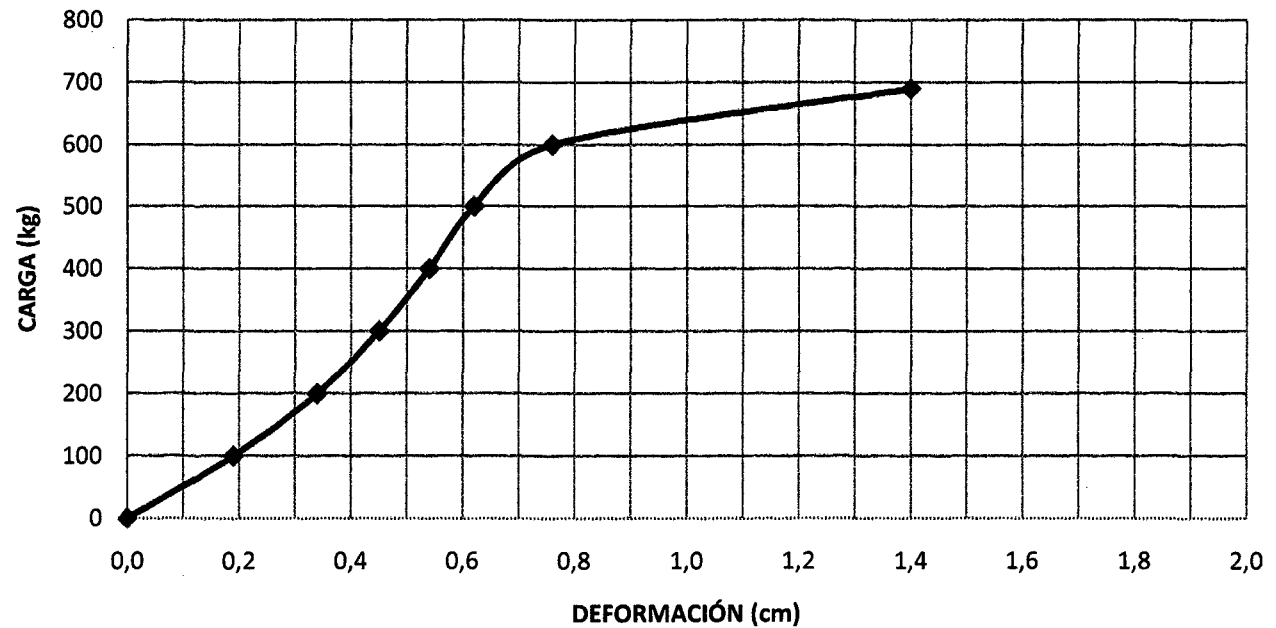
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-26 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,19 |
| 200 | 0,340 |
| 300 | 0,45 |
| 400 | 0,54 |
| 500 | 0,62 |
| 600 | 0,760 |
| 690 | 1,400 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

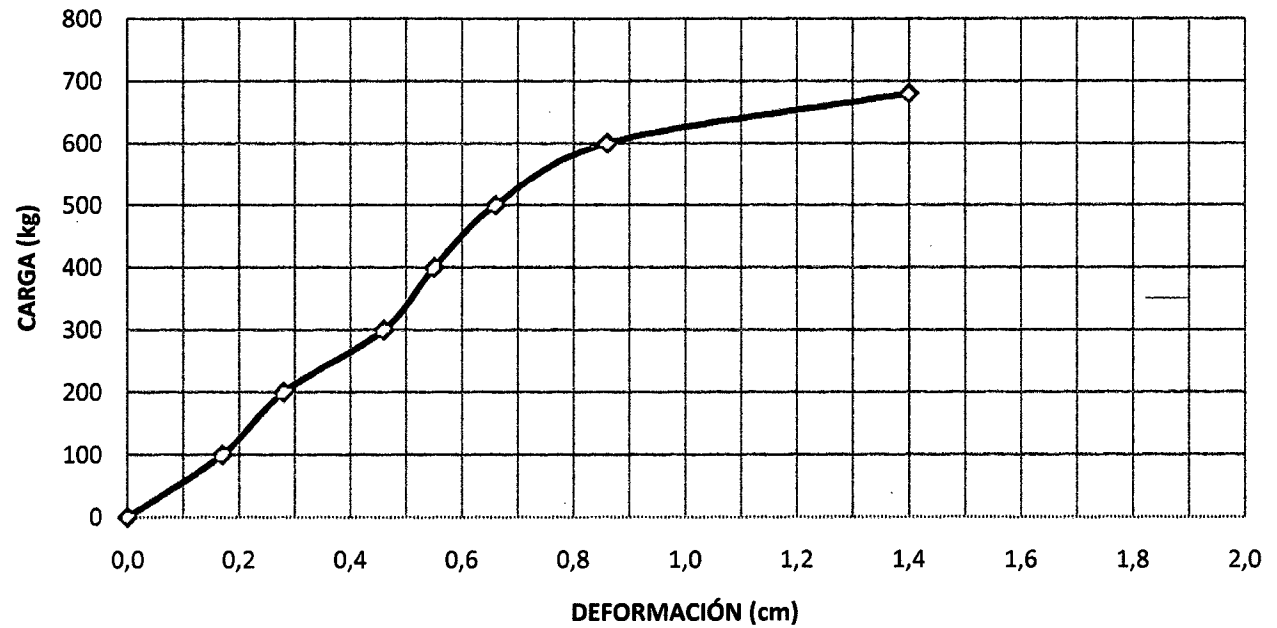
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-27 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,17 |
| 200 | 0,280 |
| 300 | 0,46 |
| 400 | 0,55 |
| 500 | 0,66 |
| 600 | 0,860 |
| 680 | 1,400 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

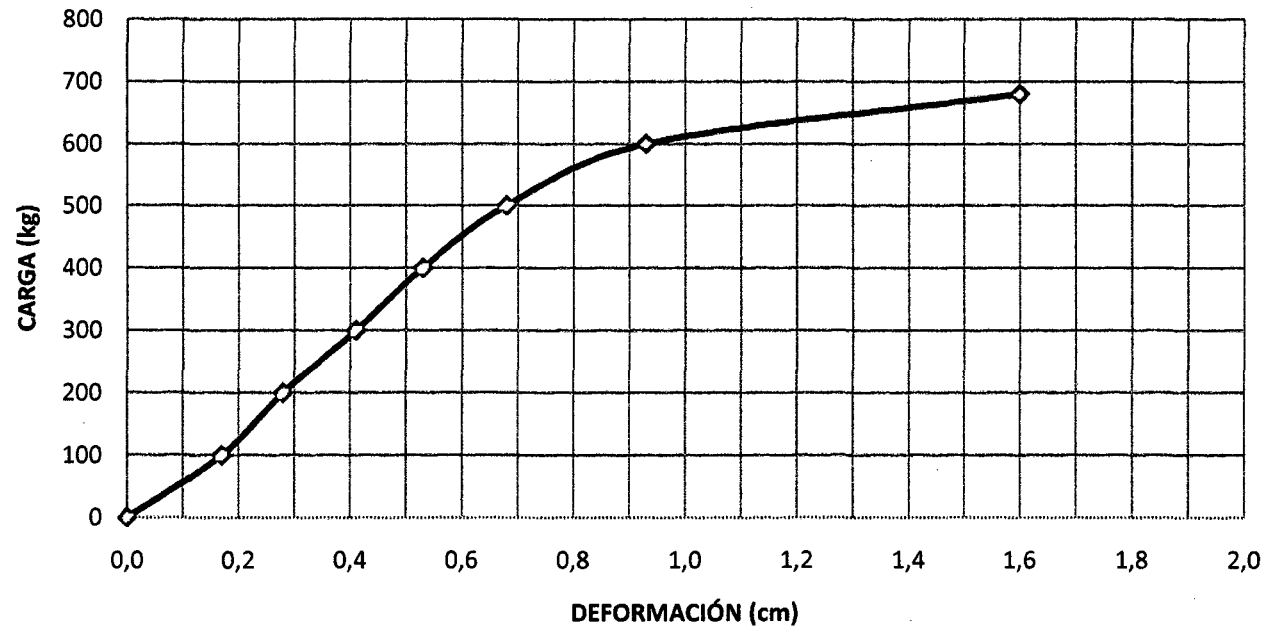
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-28 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,17 |
| 200 | 0,280 |
| 300 | 0,41 |
| 400 | 0,53 |
| 500 | 0,68 |
| 600 | 0,930 |
| 680 | 1,600 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

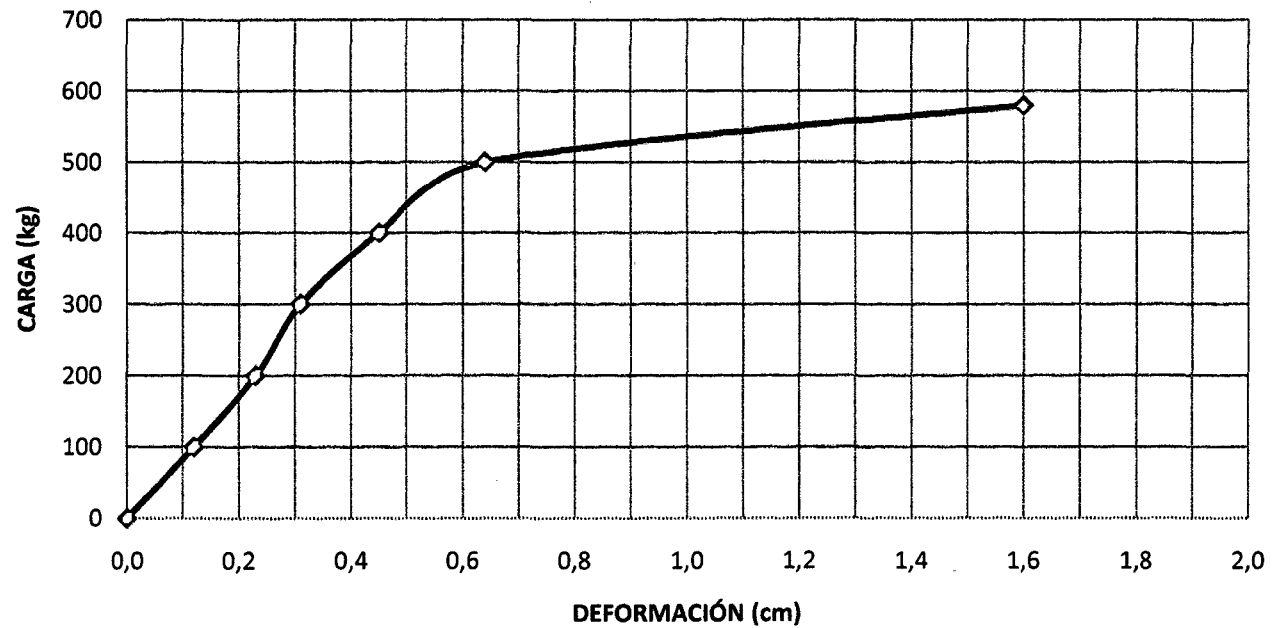
TESIS : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA "Higuerilla" *Micandra spruceana*

MUESTRA P-29 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,12 |
| 200 | 0,230 |
| 300 | 0,31 |
| 400 | 0,45 |
| 500 | 0,64 |
| 580 | 1,600 |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

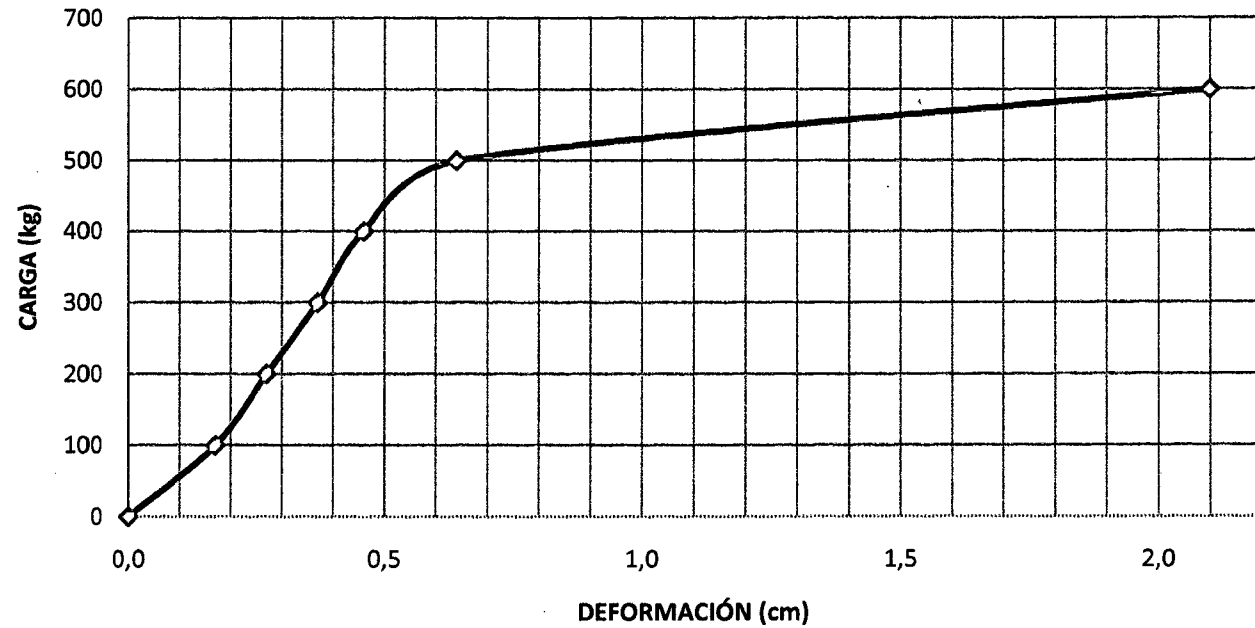
TESIS : CLASIFICACION ESTRUCTURAL DE LA MADERA "HIGUERILLA" MICANDRA SPRUCEANA

MUESTRA P-30 (5cm x 5cm x 76cm)

Datos del Ensayo

| Carga (kg) | Deformación a L/2 (cm) |
|------------|------------------------|
| 0 | 0,000 |
| 100 | 0,17 |
| 200 | 0,270 |
| 300 | 0,37 |
| 400 | 0,46 |
| 500 | 0,64 |
| 600 | 2,100 |
| | |

CURVA CARGA - DEFORMACIÓN



FOTOS

MAQUINARIA UTILIZADA EN LOS ENSAYOS

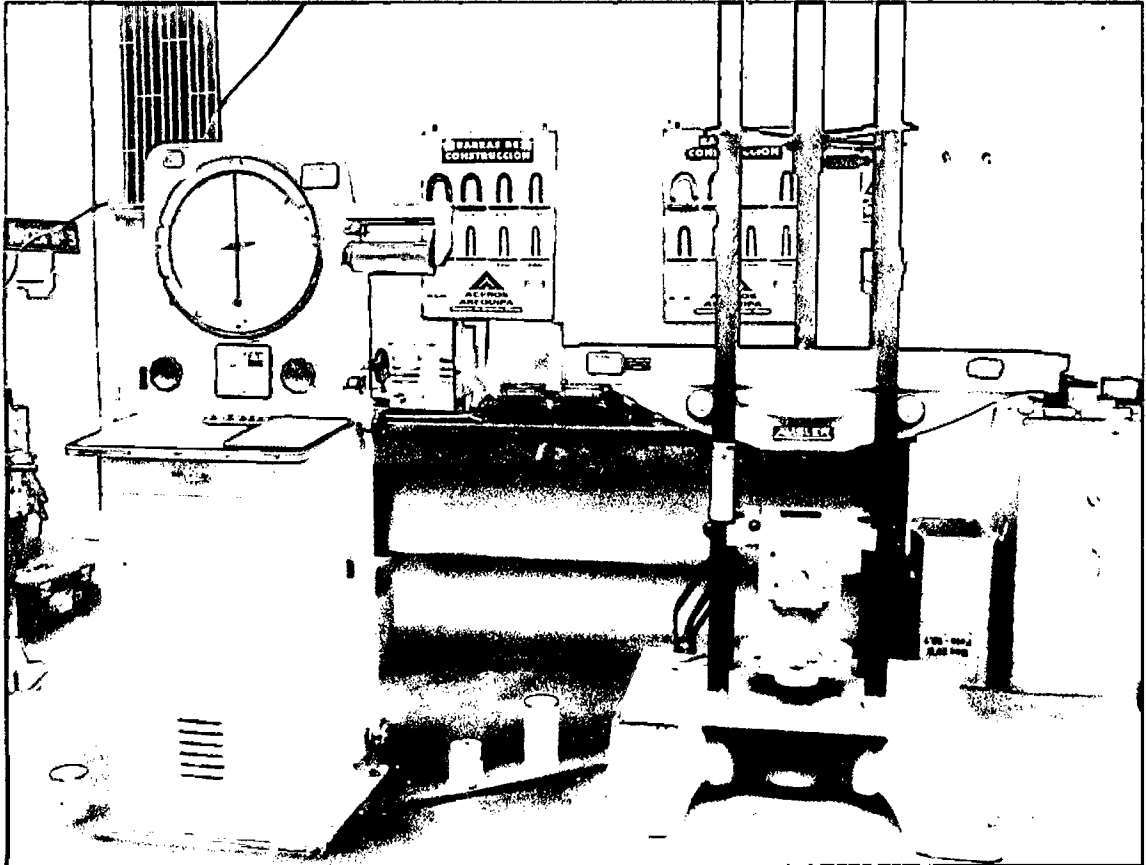


FOTO Nro. 1

MÁQUINA UNIVERSAL AMSLER (SISTEMA OLEOHIDRÁULICO, CON UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO)

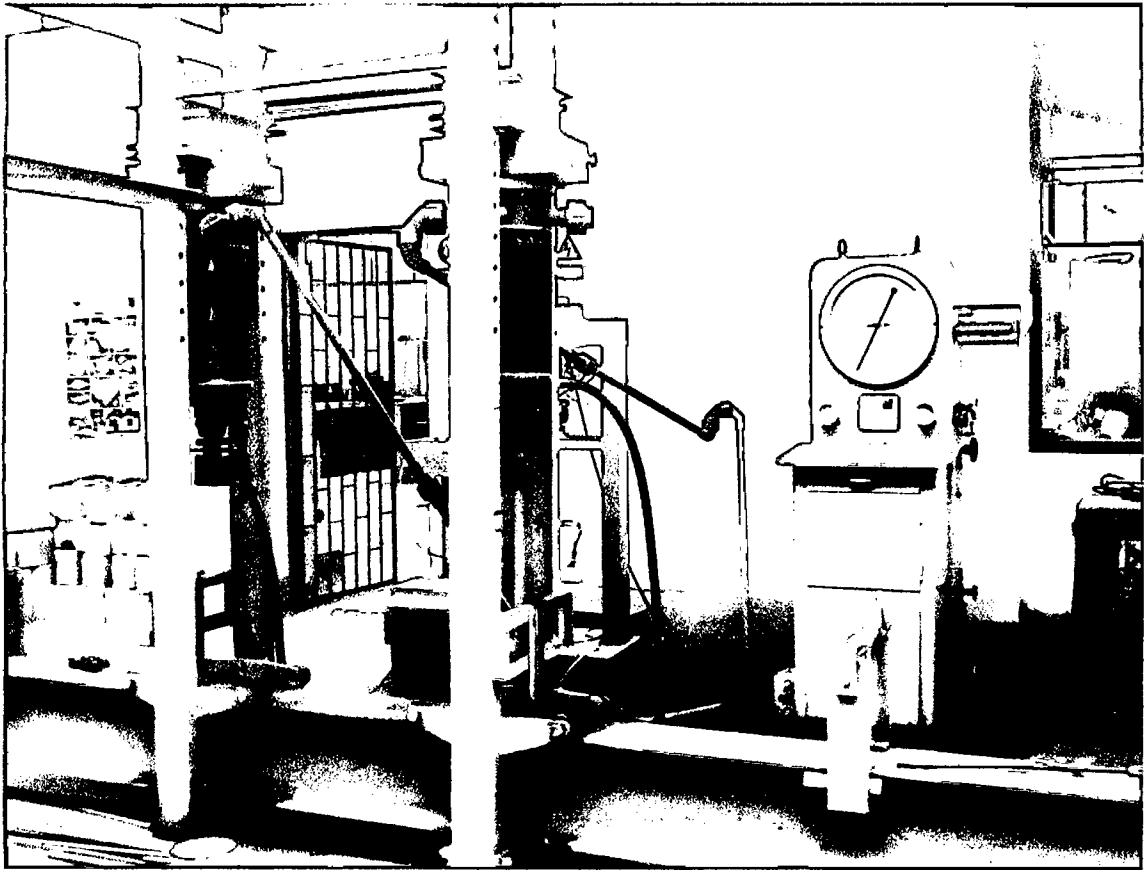


FOTO Nro. 2

MÁQUINA AMSLER (SISTEMA OLEHIDRÁULICO DE DOS CILINDROS DE DOBLE EFECTO)

MADERA ANTES DE LOS ENSAYOS



FOTO Nro. 3

EN EL ASERRADERO



FOTO Nro. 4

MADERA, INSTANTES ANTES DEL ENSAYO. (VIGAS A ESCALA NATURAL)

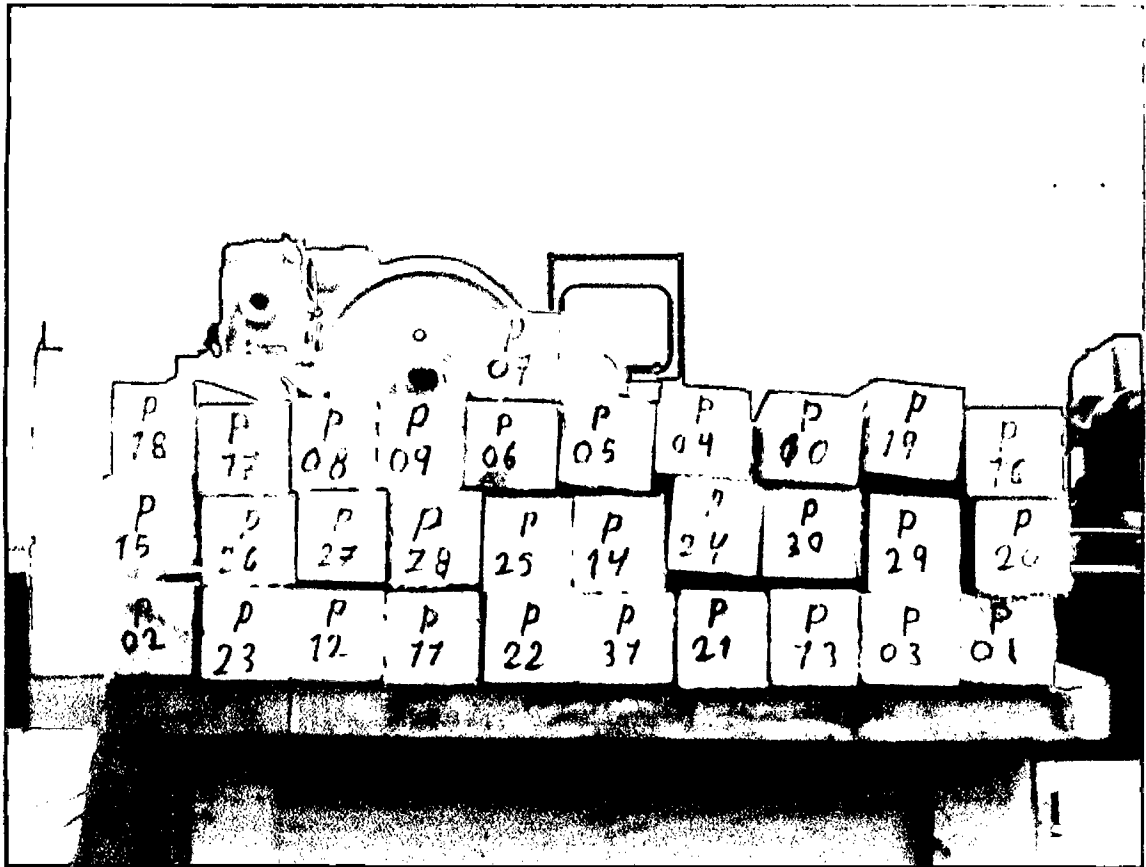


FOTO Nro. 5

MADERA, INSTANTES ANTES DEL ENSAYO. (PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS)

ENSAYOS REALIZADOS A LA MADERA EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS Y VIGAS A ESCALA NATURAL

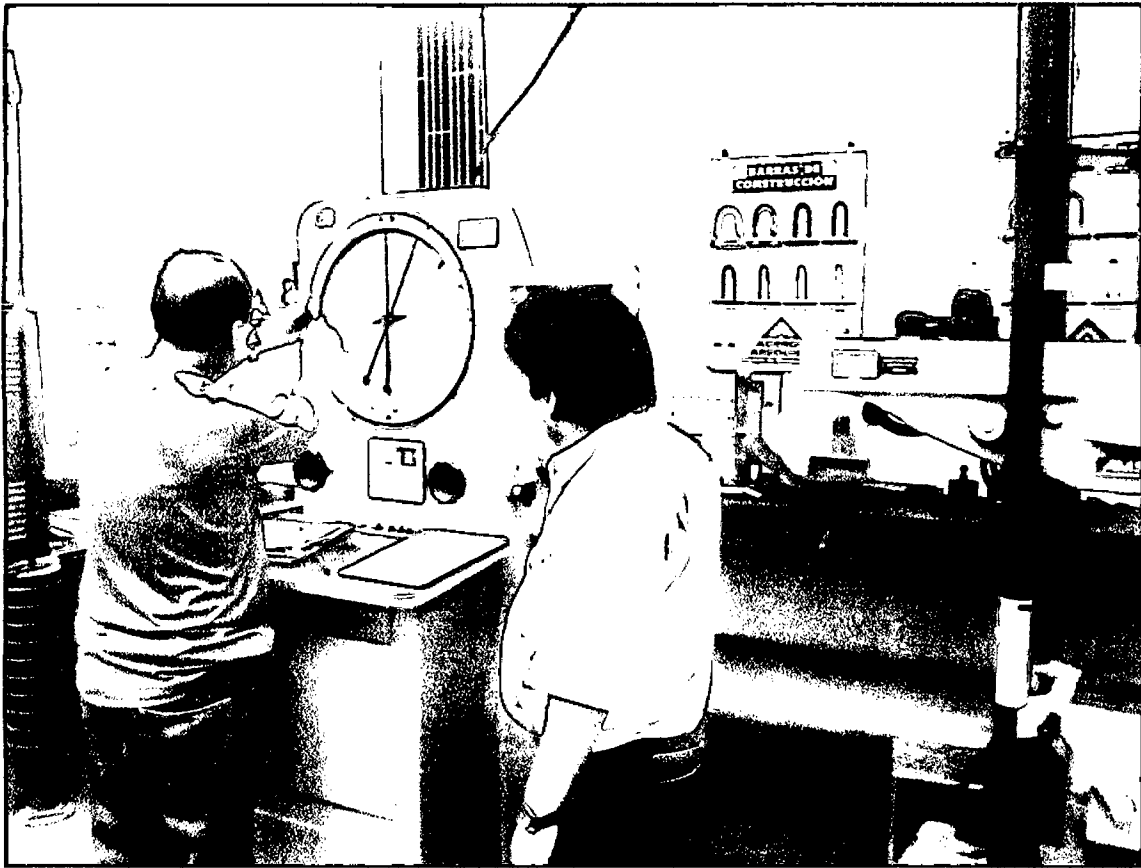


FOTO Nro. 6

TOMA DE LECTURA DE LA CARGA EN ENSAYO DE PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

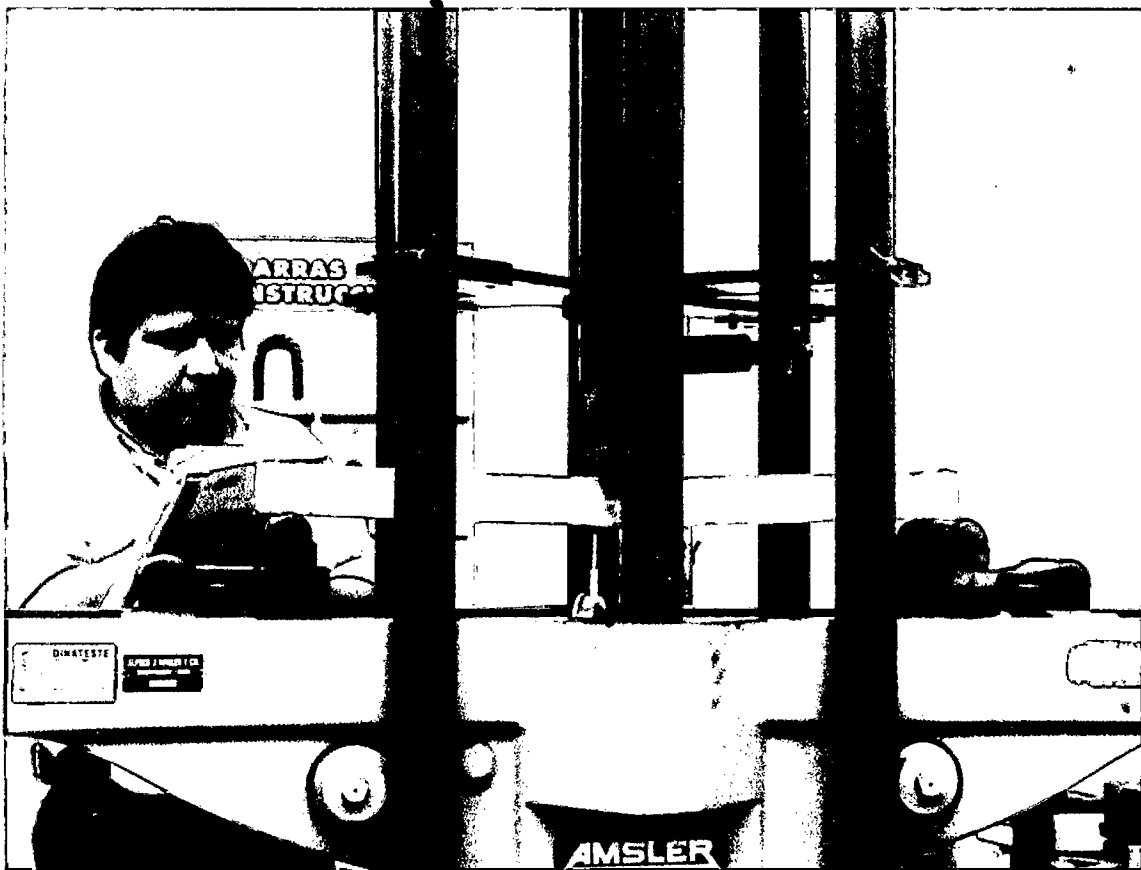


FOTO Nro. 7

TOMA DE LECTURA DE LA DEFORMACIÓN DE LA PROBETA LIBRE DE DEFECTOS



FOTO Nro. 8

TOMA DE LECTURA DE LA DEFORMACIÓN DE LA VIGA A ESCALA NATURAL

**MADERA DESPUES DE LOS ENSAYOS DE LAS VIGAS A ESCALA
NATURAL**

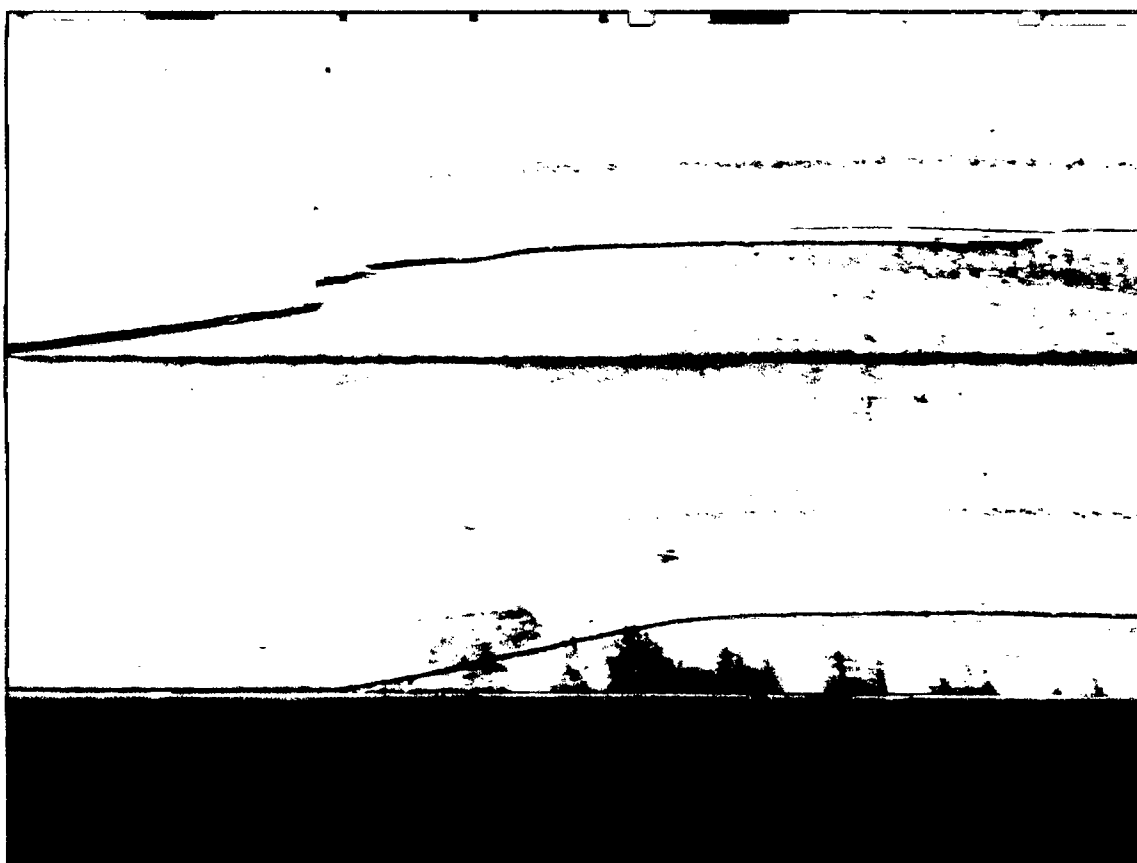


FOTO Nro. 09

FALLA EN EL TERCIO CENTRAL DE LA VIGAS A ESCALA NATURAL

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD BÁSICA



FOTO Nro. 10

SECADO EN HORNO DE LA MUESTRAS PARA CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD BÁSICA

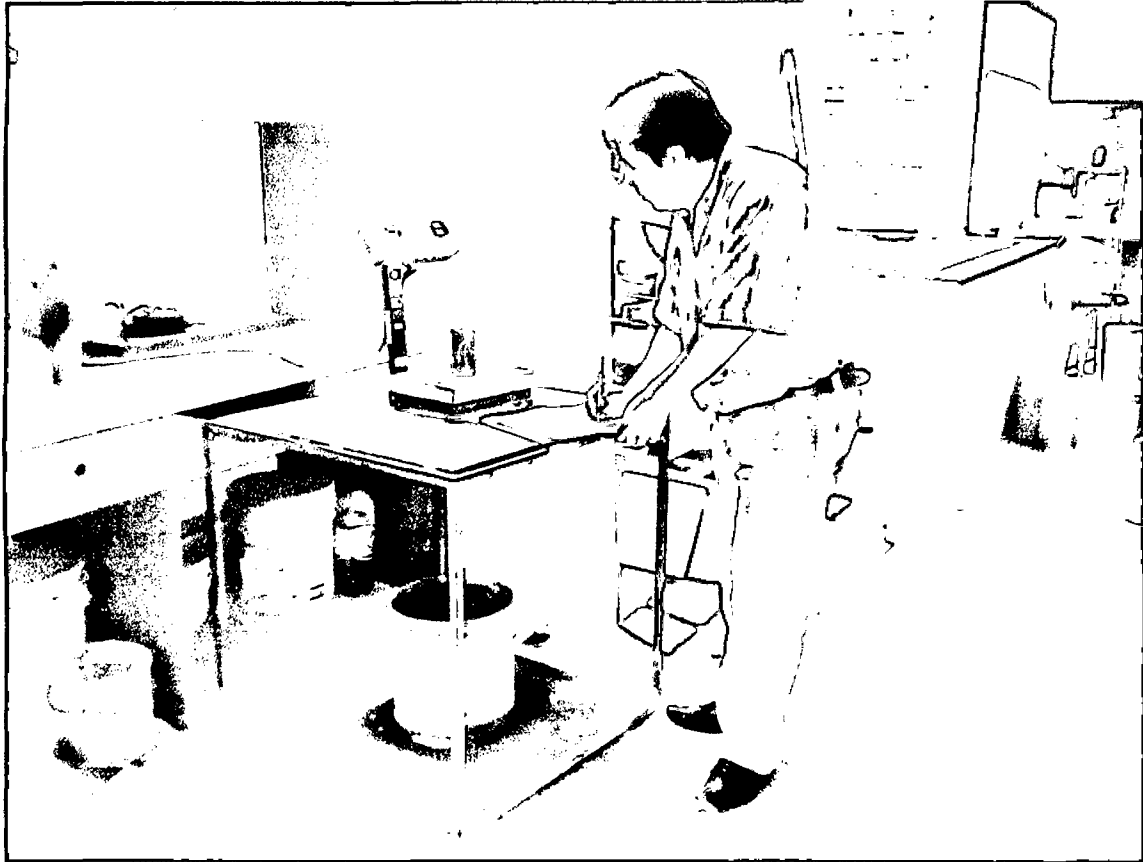


FOTO Nro. 11

PESO DE LA MUESTRA PARA CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD BÁSICA

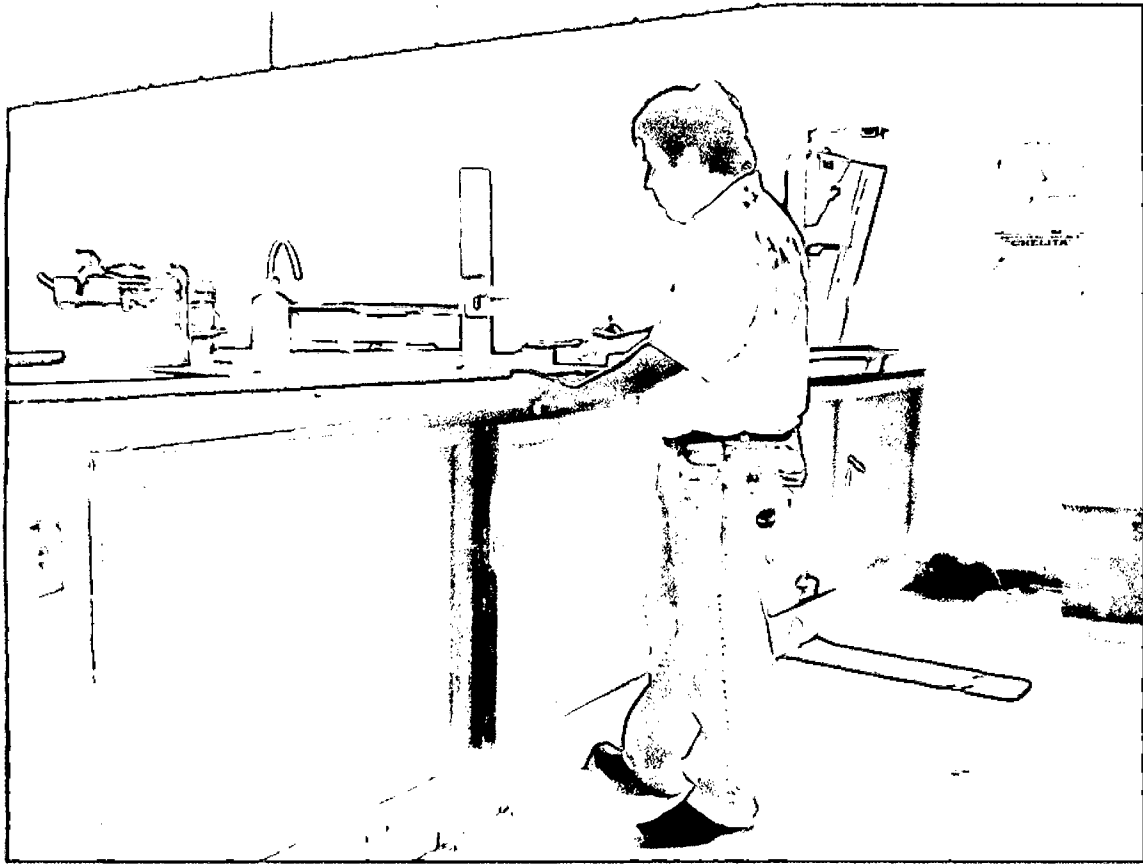


FOTO Nro. 12

CÁLCULO DE VOLUMEN POR INMERSIÓN

CLASIFICACIÓN VISUAL

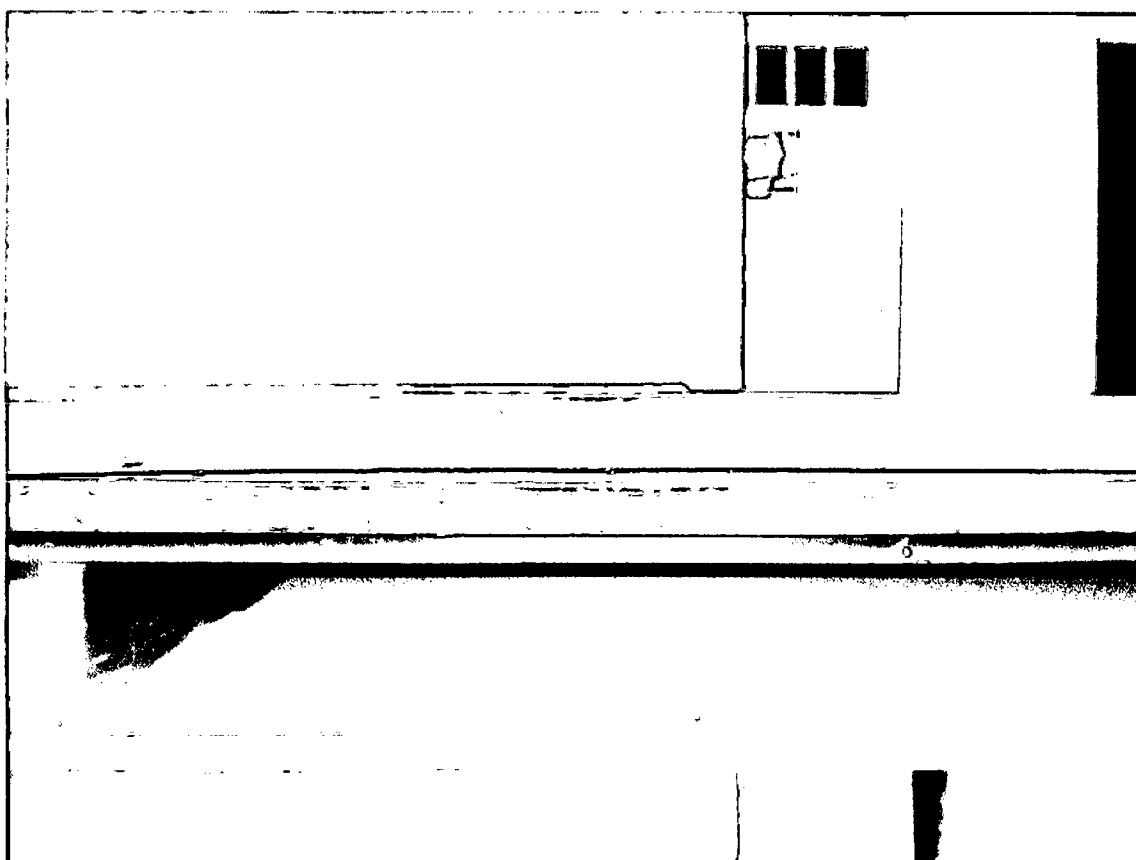


FOTO Nro. 13

ARQUEADURA MUESTRA Nro.12

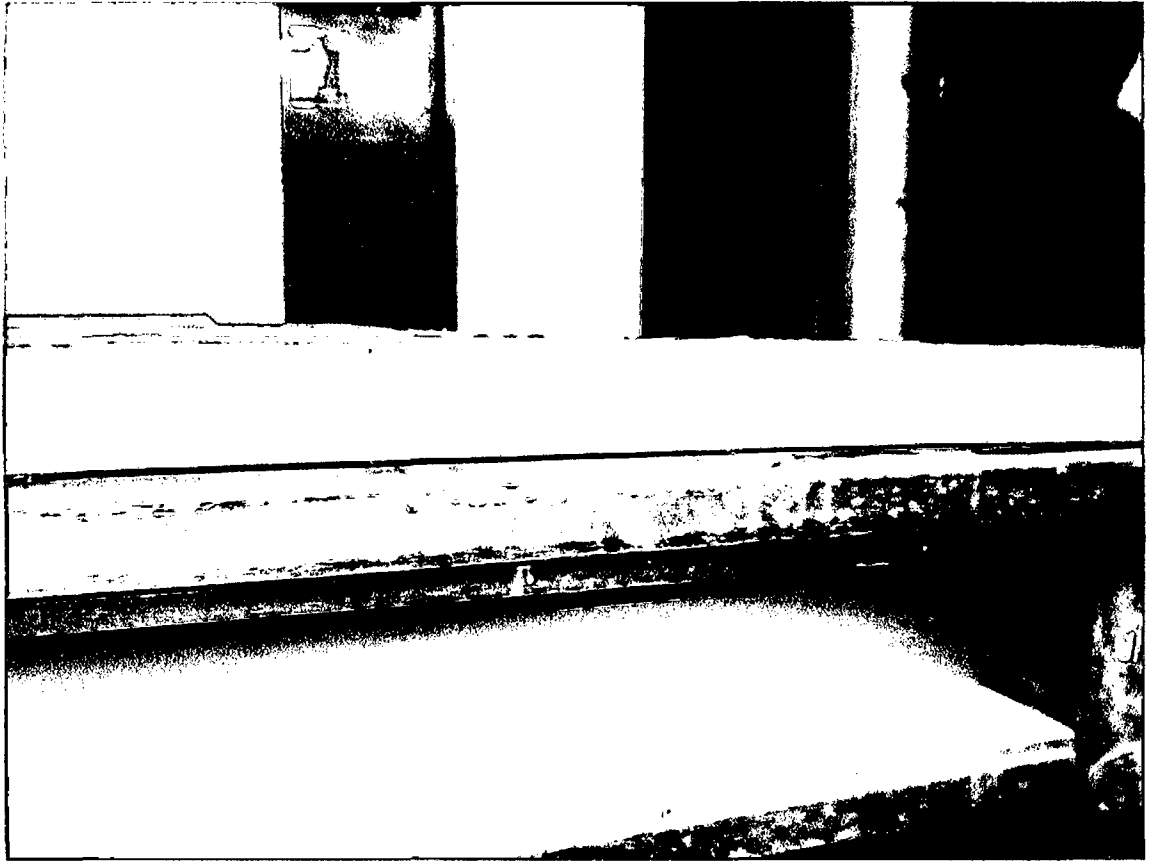


FOTO Nro. 14

ARQUEADURA MUESTRA Nro. 21



FOTO Nro. 15

FALLA DE COMPRESIÓN

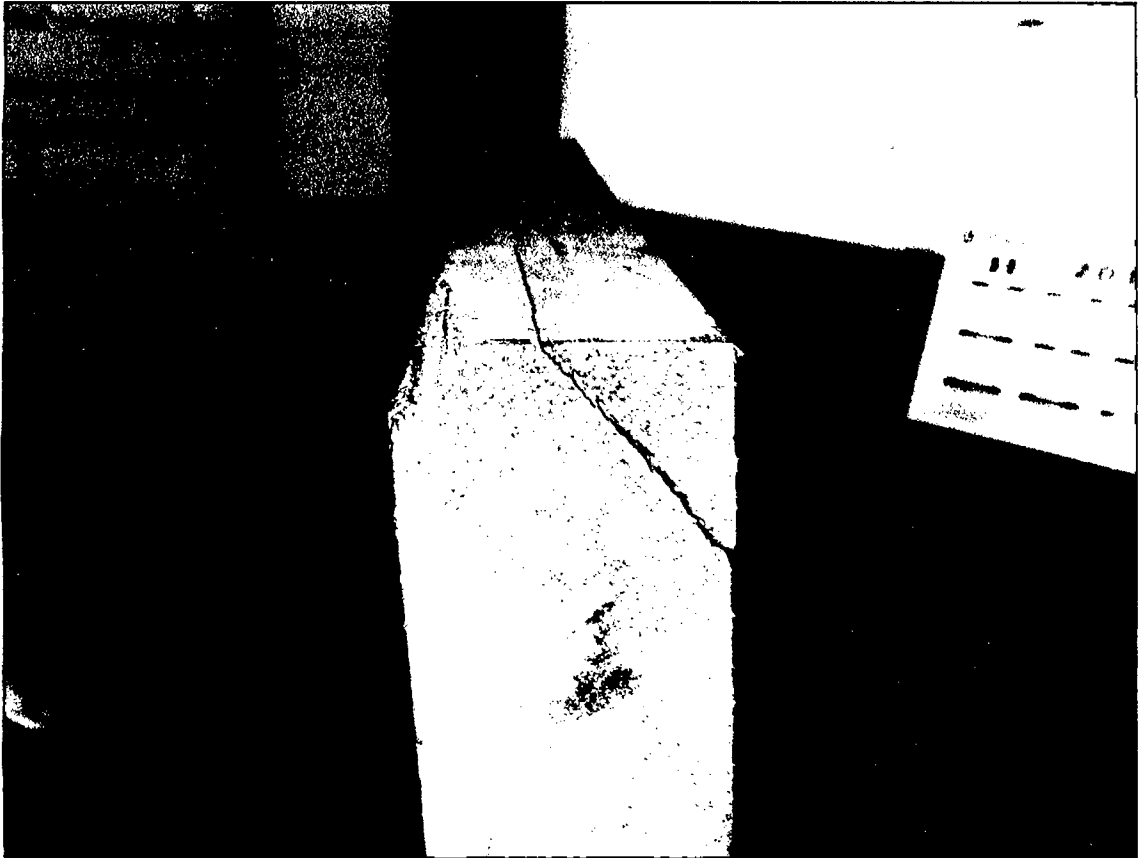


FOTO Nro. 16

RAJADURA