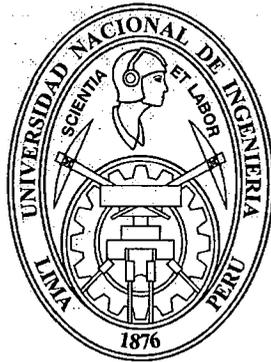


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA PINUS
RADIATA D.DON

TESIS

Para optar por el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

José Luis Meza Solano

Lima – Perú

2010

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

Dedicatoria:

A mi madre, por el regalo de la vida

A mi padre, por su abnegada dedicación

A mis hermanas, por su comprensión

A mí amada, por la fe que puso en mí

A mis profesores, por su infinita paciencia

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE GRÁFICOS	4
LISTA DE FOTOS.....	5
LISTA DE TABLAS	6
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO 1. GENERALIDADES	13
1.1 RECURSO FORESTAL EN EL PERÚ.....	13
1.1.1 Marco Legal	17
1.2 LA MADERA	21
1.2.1 Tipos de Bosques.....	21
1.2.2 Factores que afectan la resistencia de la madera para uso estructural.....	24
1.3 LA MADERA DE PINUS RADIATA D.DON	26
1.3.1 Como material de construcción	26
1.3.2 Utilización de la madera de Pinus Radiata D.Don en el Perú	29
1.3.3 Demanda en las empresas peruanas de productos de Pinus radiata D.Don y derivados	30
1.3.4 Estudios para la utilización de la madera de Pino de Cajamarca.	34
1.3.5 Beneficios de la forestación con bosques de Pino Radiata	35
CAPITULO 2. LA ESPECIE PINUS RADIATA D.DON.....	40
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESPECIE PINUS RADIATA D.DON.	40
2.1.1 Procedencia.....	40
2.1.2 Descripción del árbol en pie	41
2.1.3 Características de la troza	41
2.1.4 Clasificación científica o taxonómica.....	42
2.2 CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DEL PINUS RADIATA D. DON. 43	
2.2.1 Características macroscópicas de la madera.....	43
2.2.2 Características microscópicas de la madera.....	43
2.2.3 Características organolépticas	45
2.3 INFORMACIÓN TECNOLÓGICA DISPONIBLE.....	46

2.3.1	Características tecnológicas.....	47
2.3.2	Costos de la madera <i>Pinus radiata</i> comparado con otras especies	47
2.3.3	Comercialización de pino como madera aserrada y rolliza a nivel nacional. 52	
CAPITULO 3. MUESTREO.....		56
3.1	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	56
3.1.1	Área del estudio.....	60
3.1.2	Selección del árbol dentro del bosque	65
3.1.3	Selección de la troza	68
3.2	TRANSPORTE Y HABILITACIÓN.....	69
3.2.1	Transporte y habilitación (aserradero ADEFOR - Cajamarca).....	69
3.2.2	Disposición final y habilitación (Laboratorio Ensayo de Materiales – FIC UNI - Lima).....	72
3.3	CONSIDERACIONES PREVIAS AL ENSAYO	72
CAPITULO 4. NORMATIVIDAD		73
4.1	NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL.....	73
4.1.1	Normas Técnicas Peruanas	73
4.1.2	Normas ASTM	74
4.1.3	Normas UNE.....	75
4.1.4	Norma Chilena Oficial.....	75
4.2	NORMAS PARA MADERA UTILIZADAS PARA LA CLASIFICACIÓN	77
4.2.1	Selección, colección y acondicionamiento de muestras	77
4.2.2	Propiedades físicas y mecánicas	78
CAPITULO 5. FUNDAMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO		82
5.1	PROPIEDADES FÍSICAS.....	82
5.1.1	Contenido de Humedad.....	82
5.1.2	Densidad.....	89
5.2	PROPIEDADES MECÁNICAS	94
5.2.1	Ensayo a flexión en probetas libres de defectos.....	94
5.2.2	Ensayo a flexión en vigas a escala natural	106
5.3	DETERMINACIÓN DE CURVA CARGA DEFORMACIÓN POR AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS.....	116
5.3.1	Correlación	116
5.3.2	Coefficiente de correlación (r)	117
5.3.3	Coefficiente de determinación.....	118

5.3.4	Recta de regresión lineal.....	119
5.4	CORRECCIÓN DE LOS ENSAYOS A CONÍFERAS POR CONTENIDO DE HUMEDAD.....	125
CAPITULO 6. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....		127
6.1	ENSAYOS FÍSICOS.....	128
6.1.1	Contenido de humedad.....	128
6.1.2	Densidad.....	132
6.2	ENSAYOS MECÁNICOS.....	134
6.2.1	Ensayo a flexión en probetas libres de defectos.....	134
6.2.2	Ensayo a flexión en vigas a escala natural.....	136
6.3	CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL.....	140
CONCLUSIONES.....		142
RECOMENDACIONES.....		143
BIBLIOGRAFÍA.....		144
ANEXOS.....		156

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1-01.- Superficie reforestada anualmente, según región natural, 1996-2007 (en Hectáreas).....	16
Gráfico N° 1-02.- Aprovechamiento de la madera <i>Pinus radiata</i> D.Don	29
Gráfico N° 1-03.- Captación de monóxido y generación de oxígeno	37
Gráfico N° 2-01.- Estructura macroscópica de las maderas coníferas.....	45
Gráfico N° 3-01.- Mapa de Cajamarca, ubicación de Granja Porcón.....	61
Gráfico N° 3-02.- Efecto de borde, se puede dar al borde de carretera.....	66
Gráfico N° 3-03.- Ausencia de raleo.....	67
Gráfico N° 3-04.- Corte, limpieza y codificado de la troza	69
Gráfico N° 5-01.- Secciones de humedad	85
Gráfico N° 5-02.- Tipos de correlación lineal	117
Gráfico N° 5-03.- Gráfica carga vs. deformación.....	124

LISTA DE FOTOS

Foto N° 1-01.-	Enchape de muros, elemento decorativo.	27
Foto N° 1-02.-	Vigas laminadas de madera de <i>Pinus radiata</i>	28
Foto N° 1-03.-	Vigas y columnas laminadas de madera de <i>Pinus radiata</i>	28
Foto N° 3-01.-	Presentación grupo investigador	57
Foto N° 3-02.-	Forestación y vista al zoológico de la Granja Porcón	58
Foto N° 3-03.-	Fotografía satelital: Granja Porcón – Yanacocha	62
Foto N° 3-04.-	Foto satelital Cerro Huamaní.....	63
Foto N° 3-05.-	Cerro Huamaní, Lugar de donde se extrajo las muestras.....	64
Foto N° 3-06.-	<i>Pinus radiata</i> D.Don.	64
Foto N° 5-01.-	Listones.....	94
Foto N° 5-02.-	Probetas 5.0 cm x 5.0 cm x 75.0 cm	95
Foto N° 5-03.-	Máquina Universal AMSLER	97
Foto N° 5-04.-	Deformímetro.	97
Foto N° 5-05.-	Colocación probeta.	99
Foto N° 5-06.-	Identificación probeta	99

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1-01.- Medición satelital de las tierras del Perú, según región natural, 2003.....	14
Tabla N° 1-02.- Superficie de los bosques naturales ó tropicales.....	15
Tabla N° 1-03.- Superficie reforestada anualmente, según región natural, 1996 – 2007 (hectáreas)	15
Tabla N° 1-04.- Modificaciones al reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre.....	18
Tabla N° 1-05.- Diferencias entre bosques de coníferas y bosques de latifoliadas.....	23
Tabla N° 1-06.- Imperfecciones comunes que influyen en la graduación de madera estructural clasificada por resistencia al esfuerzo.....	25
Tabla N° 1-07.- Productos comercializados por Arauco Perú.....	30
Tabla N° 1-08.- Productos comercializados por Tableros Peruanos S.A.....	32
Tabla N° 1-09.- Faenas de manejo para Pino radiata para tres índices de sitio y edades de intervención	39
Tabla N° 2-01.- Clasificación científica o taxonómica.....	42
Tabla N° 2-02.- Propiedades físicas de la madera Pinus radiata D.Don.....	47
Tabla N° 2-03.- Propiedades mecánicas de la madera Pinus radiata D.Don (contenido de humedad al 12%).....	47
Tabla N° 2-04.- Comercializadores de madera de Villa Salvador	50
Tabla N° 2-05.- Precios de maderas	51
Tabla N° 2-06.- Precios de servicios para madera	51

Tabla N° 2-07.- Producción de madera rolliza (m3) por departamentos y años.....	53
Tabla N° 2-08.- Producción de madera aserrada (m3) por departamentos y años.....	54
Tabla N° 2-09.- Producción de pino como madera aserrada.....	55
Tabla N° 2-10.- Producción de pino como madera rolliza (m3)	55
Tabla N° 3-01.- Diámetro a la altura de pecho - DAP (m).....	68
Tabla N° 4-01.- Normas relacionadas a la colección, selección de muestras y acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos.....	77
Tabla N° 4-02.- Normas relacionadas al ensayo de contenido de humedad... ..	78
Tabla N° 4-03.- Normas relacionadas al ensayo de densidad maderas.	79
Tabla N° 4-04.- Normas relacionadas al ensayo de flexión estática.	80
Tabla N° 4-05.- Normas relacionadas al ensayo de flexión en vigas a escala natural.....	81
Tabla N° 5-01.- Equilibrio higroscópico de los principales centros madereros y lugares de comercialización de la madera en el Perú.....	83
Tabla N° 5-02.- Formato ensayo contenido de humedad	88
Tabla N° 5-03.- Asignación de nombre a la densidad.....	89
Tabla N° 5-04.- Formato ensayo densidad básica.....	93
Tabla N° 5-05.- Características geométricas probetas libres de defectos.....	96
Tabla N° 5-06.- Formato ensayo de flexión en probetas libres de defectos..	102
Tabla N° 5-07.- Características geométricas vigas a escala natural.	107
Tabla N° 5-08.- Formato ensayo de flexión en vigas a escala natural	111
Tabla N° 6-01.- Contenido de humedad de las vigas ensayadas a escala natural.....	128
Tabla N° 6-01.- Contenido de humedad probetas libre de defectos de 5.00 x 5.00 x 75.00 cm.....	130

Tabla N° 6-02.-	Densidad básica de las vigas ensayadas a escala natural. .	132
Tabla N° 6-03.-	Características geométricas de las probetas libres de defectos.....	134
Tabla N° 6-04.-	Resultados ensayos probetas libres de defectos.....	135
Tabla N° 6-05.-	Características geométricas de las vigas a escala natural ..	136
Tabla N° 6-06.-	Resultados de ensayos en vigas a escala natural.....	137
Tabla N° 6-07.-	Resultados ensayos vigas a escala natural: Módulo de Elasticidad (MOE)	138
Tabla N° 6-08.-	Resultados ensayos vigas a escala natural: Módulo de Elasticidad (MOE) – Aparente	139
Tabla N° 6-09.-	Densidad Básica	140
Tabla N° 6-01.-	Modulo de Elasticidad	141

RESUMEN

La presente tesis tiene como objeto la clasificación estructural de la madera de *Pinus radiata* D. Don de la zona de Cajamarca, madera que ya se viene comercializando a nivel nacional, y que cuenta con un mercado en crecimiento, los datos obtenidos en la presente tesis servirán para hacer más competitiva esta especie. La tesis consta de 6 capítulos, y mediante los ensayos realizados en la investigación se llegó a los siguientes resultados:

Pino radiata	Probetas	Vigas a escala natural
Esfuerzo al límite proporcional promedio (kg/cm ²)	362,60	199,39
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	460,46	271,91
Módulo de elasticidad promedio (kg/cm ²)	84 290,90	88 319,50
Módulo de elasticidad mínimo (kg/cm ²)	58 624,26	30 826,51
Módulo de elasticidad aparente promedio (kg/cm ²)	-	61 906,03
Contenido de Humedad promedio (%)	21.14	20.38

Se observa en el caso de la obtención del MOE, una buena correlación entre los ensayos de probetas y los ensayos de vigas en escala natural.

La variación entre los resultados obtenidos del esfuerzo al límite proporcional y módulo de rotura entre probetas libre de defectos y vigas, se debe a la relación de los diferentes defectos propio de la especie como lo son: sus nudos, la dirección de la fibra, entre otros. Por lo que se considera necesario evaluar la norma de manera que se tome en cuenta su naturaleza (coníferas) para la clasificación de este tipo de especies.

Para el cálculo del módulo de elasticidad, se considera que toda la deformación es por flexión.

Para el cálculo del módulo de elasticidad aparente, se considera que hay deformaciones por efecto de flexión y por corte, lo cual nos genera un MOE menor.

La densidad de la especie *Pinus radiata* es de 0.43 g/cm³.

La especie *Pinus radiata* D.Don, de acuerdo a los resultados obtenidos se clasifica fuera de los grupos A, B y C (Norma técnica de agrupamiento de maderas de uso estructural), por lo cual se recomienda la inclusión de un nuevo grupo donde entraría esta especie.

Los anexos son una parte importante de la tesis, se muestra la memoria fotográfica, las gráficas de los ensayos, que seguro serán de utilidad para otros investigadores que deseen continuar con este trabajo.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene como finalidad la clasificación estructural mediante la obtención de las propiedades físicas y mecánicas del *Pinus radiata* D.Don de la zona de Cajamarca, cuya madera se viene comercializando a nivel nacional, los datos obtenidos servirán para hacer más competitiva esta especie. La tesis consta de 6 capítulos, los cuales detallo a continuación:

CAPITULO I GENERALIDADES: en este capítulo se presenta el recurso forestal en el Perú, el marco legal al cual está afecto nuestra riqueza natural, los diferentes tipos de bosques y la madera de *Pinus radiata*, su comercialización y beneficios.

CAPITULO II LA ESPECIE PINUS RADIATA D.DON: en este capítulo se describe la procedencia de la especie, sus características, la taxonómica del *Pinus radiata* D.Don, información tecnológica con que se cuenta, así como precios de la madera y su comercialización a nivel nacional.

CAPITULO III MUESTREO: se detalla cómo se llevó a cabo la recolección y cuáles fueron los parámetros para seleccionar la muestra.

CAPITULO IV NORMATIVIDAD: en este capítulo se muestra la normativa a nivel nacional, así como también algunas normas extranjeras relacionadas a la clasificación estructural de especies maderables.

CAPITULO V FUNDAMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO: este capítulo es muy importante, ya que aquí se detalla el fundamento teórico necesario para el ensayo y formatos que se utilizaron.

CAPITULO VI ANÁLISIS Y RESULTADOS: en este capítulo mostramos los resultados obtenidos en los ensayos y los analizamos, para finalmente poder concluir y dar las recomendaciones.

Los anexos son una parte importante de la tesis, se muestra la memoria gráfica de la etapa de recolección y las gráficas de los ensayos.

CAPITULO 1. GENERALIDADES

“El Señor es mi pastor, nada me falta, en verdes pastos él me hace reposar y donde brota agua fresca me conduce.” (Salmo 23, 22)

1.1 RECURSO FORESTAL EN EL PERÚ

El Perú es un país favorecido con la gracia de contar con vastos recursos naturales, los cuales son considerados en la actualidad como tesoros que tienen que ser protegidos y deben ser utilizados con mesura, de manera que su aprovechamiento sea sustentable. Sin duda, podemos afirmar que el Perú es un país forestal; pero para grandes privilegios tenemos grandes responsabilidades, según Kari Keipi en Políticas forestales en América Latina¹ explica que

“... quizá sólo los océanos del mundo se disputan con las zonas forestales el primer lugar de importancia como sistemas que sustentan la vida en el planeta”.

Agrega, además, que América Latina alberga una de las zonas forestales más grandes y diversas, prácticamente en los bosques de América Latina y El Caribe se encuentra la cuarta parte del total de zonas forestales del mundo y la mitad de los bosques y selvas tropicales.

Por su parte, Camacho Castillo² expresa que en América Latina, el Perú ocupa el segundo lugar en extensión de bosques (68 277 114 Ha – Tabla N° 1-02) después de Brasil; además podemos ver en la Tabla N° 1-01 que la

¹ Banco Interamericano de Desarrollo (Kari Keipi, et. al. 12 autores). “Políticas forestales en América Latina”. Pág. 1.

² Camacho Castillo, Sixto. “Incorporación de la especie maderable Quinilla Colorada (Manilkara Bidentada) para uso estructural”.

superficie total del territorio nacional asciende a 128 521 560 Ha, lo cual significaría que el bosque peruano en la actualidad ocuparía el 53.13% del territorio peruano.

Tabla N° 1-01.- Medición satelital de las tierras del Perú, según región natural, 2003.³

Región natural	Superficie	
	Hectáreas	%
Total	128 521 560	100.00
Tierras de la costa	15 087 282	11.70
Tierras de la sierra	35 898 894	28.00
Tierras de la selva o Amazónica	77 535 384	60.30

La delimitación de las regiones del país registrada hasta el año 2001 obedecía a criterios técnicos concertados, existiendo siempre cierta polémica con respecto a definir el límite entre la región costa y la región sierra. Al respecto, se ha logrado un consenso mayoritario estableciendo como límite entre ambas regiones 2000 metros sobre el nivel del mar. Con respecto a la región selva, la delimitación se ha basado en la cobertura vegetal, lo cual caracteriza nitidamente a ésta región, habiéndose utilizado para ello la tecnología de imágenes de satélite, cuya alta resolución supone resultados satisfactorios.

Fuente: Ministerio de Agricultura (MINAG) – Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA).

Fuente: Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2008 (INEI)⁴

Desde tiempos inmemoriales el ser humano vincula la felicidad a la idea de desarrollarse en un medio que tenga armonía con la naturaleza; pero la capacidad de destrucción del hombre ha mermado en contra de nuestro propio futuro dañando el entorno en que vivimos, a pesar que en los últimos años se ha mejorado la legislación ambiental y se ha tratado de trabajar en temas de reforestación; podemos ver claramente en la Tabla N° 1-02 que la superficie deforestada con respecto a 1975 es de 4.94% y más alarmante aún si tomamos en cuenta el porcentaje dado por Camacho Castillo⁵ donde indica que hay 11.37% de deforestación con respecto al bosque original (75'560,500).

³ Información al año 2003. No se cuenta con estadísticas actualizadas.

⁴ Instituto Nacional de Estadística e Informática. "Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales, 2008".

⁵ Camacho Castillo, Sixto. "Incorporación de la especie maderable Quinilla Colorada (Manilkara Bidentada) para uso estructural"

Tabla N° 1-02.- Superficie de los bosques naturales ó tropicales

Región natural	Superficie	
	Hectáreas	%
Área total de los bosques naturales año 2002	68,277,114	-
Porcentaje de los bosques con respecto del País	De 128,521,560	53.13
Porcentaje de los bosques con respecto a 1975	De 71,823,059	95.06
Superficie deforestada con respecto a 1975	3,545,945	4.94
La información fue tomada de: Superficie de los bosques naturales o tropicales, según departamento, 1975, 1995 y 2002.		

Fuente: Ministerio de Agricultura (MINAG) - Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)

Fuente: Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2008 (INEI)⁶; Adaptación propia

Tabla N° 1-03.- Superficie reforestada anualmente, según región natural, 1996 – 2007 (hectáreas)

Región Natural	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007 P/
Total	57448	109885	67624	66133	43128	11220	23041	6126	4361	21069	16965	4810
Costa	7485	1945	30654	1401	1179	851	496	-	-	7	30	1060
Sierra	32849	74004	18608	51991	33687	9131	21832	5790	4361	21062	16935	677
Selva	17114	33936	18362	12741	8262	1238	713	336	-	-	-	3073

Fuente: Ministerio de Agricultura (MINAG) - Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)

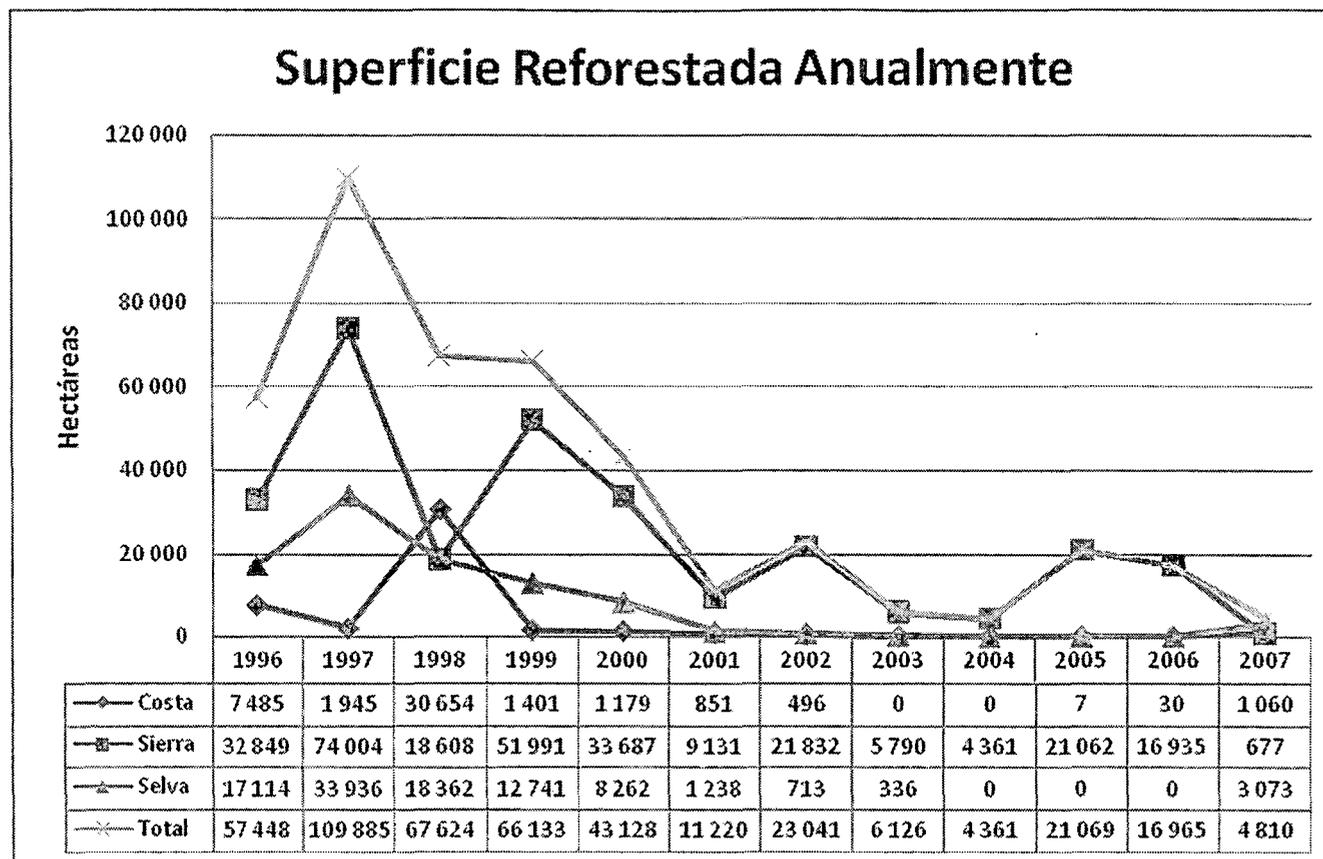
Fuente: Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2008 (INEI)⁷

En la Tabla N° 1-03 se aprecia que la cantidad de superficie reforestada anualmente ha disminuido, esto se puede percibir mejor en el Gráfico N° 1-01.

⁶ Instituto Nacional de Estadística e Informática. "Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales, 2008".

⁷ Ibid.

Gráfico N° 1-01.- Superficie reforestada anualmente, según región natural, 1996-2007 (en Hectáreas)



Fuentes de datos: Ministerio de Agricultura (MINAG) - Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)/ Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2008 (INEI)⁸
Gráfico: Elaboración propia

⁸ Instituto Nacional de Estadística e Informática. "Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales, 2008".

1.1.1 Marco Legal

Es importante tener una legislación clara y adecuada que nos permita generar herramientas para una correcta regulación y supervisión por medio de los organismos creados para esos fines.

Cuando el costo de la legalidad es muy alto conduce a la desobediencia civil, por lo que el Estado debe ser firme en la protección y a la vez eficiente para lograr aumentar la inversión en forestación.

El mercado peruano de la madera debe buscar cumplir exigencias de calidad internacional, la cual exige que las cadenas de producción tomen en cuenta el proceso sostenido del producto.

Las políticas de estado se deben pensar de manera global, de forma que seamos más competitivos y atractivos a mercados como Asia y Europa, todo esto sin perjudicar nuestro ambiente previniendo no darle una carga mayor a la que pudiera soportar.

Gracias a las nuevas tecnologías y al libre acceso de la información, se ha podido contar con más profesionales capaces y conscientes sobre el deber ambiental de todos para con todos, lo cual ha calado en los diferentes gobiernos, proveyéndonos cada día de más leyes útiles para nuestra sociedad; para nuestros fines menciono las que están relacionadas con esta investigación de tesis.

Ya en el año 1990, en el primer gobierno del Ing. Alberto Fujimori se promulga la **Ley N° 25268 declara de necesidad pública e interés nacional la protección, preservación o reforestación de pastos naturales y árboles existentes en el territorio de la república** (Fecha de publicación: 21/06/1990).

Luego, en el último gobierno del Ing. Alberto Fujimori se promulga la **Ley N° 27308, Ley Forestal y de Fauna Silvestre** (Fecha de publicación: 16/07/2000), la cual es muy importante ya que era necesario legislar sobre asuntos de corte ambiental para un desarrollo sostenible. Se reglamenta a través del DS-14-2001-AG que aprueba el reglamento de la Ley Forestal y de Fauna

Silvestre (Fecha de publicación: 09/04/2001) el mismo que ha sufrido modificaciones, las que se adjuntan en la Tabla N° 1-04. Es preciso mencionar que los reglamentos se deben modificar sólo en favor de la protección y resguardo del fin primordial para los que fueron creados y no por conveniencias ajenas al comunitario.

Tabla N° 1-04.- Modificaciones al reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre

Dispositivo	Sumilla	Fecha Publicación
DS-36-2002-AG	Modifica vigésimo primera disposición complementaria del reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre	08/06/2002
DS-48-2002-AG	Modifica artículos del reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre	26/07/2002
DS-22-2003-AG	Modifica el reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre	12/06/2003
DS-07-2006-AG	Modifica el reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre	24/02/2006
DS-38-2006-AG	Modifica el reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre aprobado por D.S. N° 01-2001-AG	07/07/2006
DS-48-2006-AG	Modifica el reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre	27/07/2006

Fuente: Elaboración propia

La naturaleza es muy susceptible a sufrir cambios debido a la actividad del hombre, es por eso que se debía delimitar los derechos sobre el aprovechamiento de los recursos naturales y los deberes para con la prevención sobre posibles impactos ambientales, ya que es deber del Estado velar por su protección y conservación. Uno de los puntos que se contemplan en el reglamento sobre recursos forestales, específicamente en el artículo 22, trata sobre el Plan Nacional de Reforestación, el cual es un documento de planificación y gestión que orienta el desarrollo de las actividades de forestación y reforestación.

En el gobierno del Dr. Alejandro Toledo Manrique se promulga la **Ley N° 28852, Ley de Promoción de la Inversión Privada en Reforestación y Agro-forestería (Fecha de publicación: 27/07/2006)** y en el artículo 1, se declara como interés nacional la promoción de la inversión privada en actividades de reforestación con plantaciones forestales, agro-forestería y servicios ambientales.

En el artículo 2 de la ley se desarrolla el tema sobre adjudicaciones para reforestación y agro-forestería con compromisos de inversión privada; se define textualmente:

“las actividades de reforestación y agro-forestería son cultivos ubicados en tierras sin cubierta boscosa, con capacidad de uso mayor forestal, sean de propiedad privada o adjudicaciones en concesión por el Estado, constituye agro-negocios forestales y se rige por la ley N° 28611, ley General del Ambiente y sus normas reglamentarias de la presente ley.

El estado podrá adjudicar en concesión mediante subasta pública, tierras forestales sin cubierta boscosa y/o eriaza de su dominio. El derecho de concesión se otorgará por un plazo de 60 años con compromiso de inversión, acto jurídico que será inscribible en los registros públicos”.

También en ese gobierno, se da la Resolución Suprema N° 021-2003-AG donde se aprueba la reglamentación específica para concesiones forestales con fines maderables en bosques de producción permanente otorgados a pequeños extractores calificados (6/10/2006) en cuyo anexo se adjunta la reglamentación; en el artículo 2 se especifican los plazos de concesión hasta por cuarenta años; y en el artículo 3, sobre el derecho de otorgamiento se cita:

“El titular de la concesión tiene derechos de venta a pequeños extractores forestales calificados, de los árboles en pie debidamente marcados y geo-referenciados”

Se demarcan los derechos de extracción y comercialización, pero no hay compromisos de inversión sobre forestación; eso además de contar con diferentes beneficios tributarios.

En el gobierno del Dr. Alan García Pérez se promulga la **Ley N° 28890, Ley que crea Sierra Exportadora (Fecha de publicación: 07/10/2006)**, la cual, como lo indica su portal Web (www.sierraexportadora.gob.pe):

“Tiene como objetivo la lucha contra la pobreza mediante la generación de empleo productivo en la sierra a través del desarrollo de actividades económicas en condiciones de competitividad que permitan el acceso de los productores de la zona andina al mercado.”

Una alternativa saludable es la implementación de planes de forestación y de políticas de estado que engloben no solamente la etapa de siembra, extracción y comercialización, sino también deben velar por el proceso de transformación y posible capacidad de exportación.

1.2 LA MADERA

Sofíé; un bosque conformado de hombres que agradecían la mañana y el nuevo día; también, sofíé con un grupo de árboles que talaban aquel bosque conformado de hombres. De ellos se obtenía la materia prima llamada corazón, que era fuente creadora de grandes maravillas y hermosas arquitecturas.

La madera, de forma análoga al sueño, desde tiempos inmemoriales fue fuente primordial del hombre, con la cual nos abastecíamos de calor y cobijo, y según Hornbostel⁹ está constituida por cuatro componentes, los cuales son:

- ✓ Celulosa; se encuentra en una proporción de 70% y se subdivide en dos tipos, alfa-celulosa y hemi-celulosa.
- ✓ Lignina; se encuentra en una proporción de 18% al 28%, constituye el adhesivo que une los diferentes componentes de la madera y le da resistencia y rigidez.
- ✓ Extractivos; son los encargados de darle sus características a la madera, tales como: olor, color y sabor, muy importantes para definir el grado de belleza y de importancia al momento de elegirla como material para la construcción.
- ✓ Minerales formadores de cenizas; los cuales son nutrientes del árbol y constituyen entre el 0.2% al 1% de la madera, estos se convierten en ceniza cuando la celulosa y lignina entran en proceso de combustión.

1.2.1 Tipos de Bosques

Les hemos dado diferentes nombres y hay una gran variedad de clasificaciones; por ejemplo, Ochoa Pachas¹⁰ en su Diccionario Ecológico y del Medio Ambiente explica que se clasifican de acuerdo a diferentes parámetros y define según su latitud, altitud, fisiología, entre otros lo siguiente:

⁹ Hornbostel, Caleb. Materiales para la construcción: tipos, usos y aplicaciones.

¹⁰ Ochoa Pachas, José Mario; Calderón Rodríguez, Julio. Diccionario de ecología y del medio ambiente. Pág. 374.

Según su latitud: Tropical, Templado, Boreal

Según su altitud: De llanura de bajo, de ceja de montaña, andino, de ceja andino, de páramo.

Según su fisiología: caducifolio, perennifolio.

Según su régimen de lluvia: pluvial, húmedo, seco.

Según su gestión: primario, secundario, terciario.

Según su régimen de manejo: natural (virgen), artificial (plantación forestal) y mixto (intervenido con forestación).

Roca Santiago¹¹ los clasifica en: bosques naturales (heterogéneos y homogéneos) y bosques cultivados.

La clasificación que más nos interesa, es la que nos brinda la Junta del Acuerdo de Cartagena – PADT REFORT¹² y que divide los bosques en dos:

- ✓ Latifoliadas (Maderas tropicales).
- ✓ Coníferas.

En la Tabla N° 1-05 podemos ver las diferencias más resaltantes entre estos dos tipos de bosques.

¹¹ Roca, Santiago. La inversión en el Perú 2002 – 2003: entorno, industrias, regiones, financiamiento y estrategias empresariales.

¹² Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT (Scaletti Farina, et Al.) Manual de diseño para maderas del Grupo Andino.

Tabla N° 1-05.- Diferencias entre bosques de coníferas y bosques de latifoliadas

Bosques de Coníferas	Bosque de Latifoliadas
Zonas templadas del hemisferio norte y parte del hemisferio sur.	Zonas tropicales de África, América, Asia y Oceanía.
Son homogéneos (Pinos, abetos, cipreses).	Son Heterogéneos, presentan gran variedad de especies. Aproximadamente 2500 especies.
Su densidad básica varía entre 0.35 g/cc (Pino ponderosa) a 0.50 g/cc (Pino Oregón)	Su densidad básica varía entre 0.13 g/cc (Madera balsa) a 1.20 g/cc (Tabebuia serratifolia)
Árbol de tronco recto y cónico	Árbol con copa ramificada, tronco de diferentes formas y dimensiones
Madera homogénea. Traqueadas. Anillos de crecimiento bien definidos.	Madera (Leño) heterogénea. No se diferencian fácilmente los anillos de crecimiento
Hojas en forma de agujas, duras y verdes. Tallos y hojas segregan resinas.	Hojas laminares de diferentes formas
Órganos reproductores pseudo-flores. Frutos en forma de conos y contiene las semillas	Órganos reproductores bien desarrollados. Flores variadas. Frutos de diferentes formas en algunos casos comestibles, contienen semillas

Fuente: Separata de Capacitación SENCICO; Proporcionado por el Ing. Raúl Parraga.

1.2.2 Factores que afectan la resistencia de la madera para uso estructural

Son variados los factores que afectan la resistencia de la madera; podemos citar a Hornbostel¹³, quien en su libro *Materiales de Construcción*, menciona que los defectos en la madera (como la presencia de nudos, la inclinación de la fibra, las grietas) son las principales causas de la disminución de su resistencia y motivo por el cual se deben tener en cuenta al momento de clasificarlas. En la Tabla N° 1-06 se muestran las Imperfecciones más comunes que influyen en la graduación de madera estructural clasificada por resistencia al esfuerzo, además podemos mencionar otros factores como:

- ✓ Densidad: Tiene una relación directa con la resistencia, a mayor densidad mayor es la resistencia. Además, es sabido que el árbol en sus diferentes zonas tiene diferentes densidades; ésta dependerá del lugar de donde se extrajo la pieza, si fue en una zona cercana a la corteza o si fue de una troza inmediata inferior o de una que pertenecía a las partes altas del árbol; es por eso que se debe restringir el uso de madera aserrada a aquellas partes que aseguren la mayor resistencia.
- ✓ Efectos del secado: La madera al ser secada obtiene un mayor grado de resistencia que cuando esta húmeda; además, se mejora la trabajabilidad del elemento y se previenen posibles cambios de volumen.
- ✓ Sobrecarga: El tiempo de aplicación de la carga es muy importante, la resistencia de la madera es mayor cuando ésta es sometida a carga en periodos cortos de tiempo; cuando se somete a cargas de larga duración implica que ésta al cabo de un tiempo entre a un estado de fatiga que reduciría su resistencia.
- ✓ Resistencia básica: la madera tiene un rango de acción de resistencia que puede soportar, y excederse de esta puede ocasionar daños; en el Perú contamos con tres clases de madera clasificadas, las cuales son: A, B, C.

¹³ Hornbostel, Caleb. *Materiales para la construcción: tipos, usos y aplicaciones*

Tabla N° 1-06.- Imperfecciones comunes que influyen en la graduación de madera estructural clasificada por resistencia al esfuerzo

Imperfección	Descripción de la imperfección	Efectos sobre la resistencia	Efecto en la clasificación de madera aserrada estructural
Inclinación de fibra	Áreas donde la dirección de la fibra de la madera no es paralela a los bordes de la pieza de madera aserrada	Tiende a torcerse con los cambios de contenido de humedad, por los componentes de esfuerzo longitudinal, tensil y compresivo que actúan a través de la fibra donde la madera es menos fuerte	Son indeseables las piezas con fibra cruzada; la reducción de la resistencia debida a las fibras cruzadas en la estructura se toma como el doble de la reducción observada en pruebas de especímenes para claros pequeños
Nudos	Los nudos interrumpen la dirección de la fibra y provocan cruzamientos de fibras localizados que tienen pendientes mayores	Los nudos reducen la resistencia a la tensión mas que la resistencia a la compresión y el esfuerzo cortante, y afectan ligeramente la rigidez	El tamaño el número y la localización de nudos están restringidos para la madera aserrada de uso estructural; están prohibidos los nudos apiñados
Grietas	Separación de la madera entre los anillos de crecimiento anual	En madera aserrada sometida a doblado, las grietas reducen la resistencia al esfuerzo cortante; no afectan la resistencia a la compresión longitudinal	Las grietas están restringidas en aquellas partes de un miembro que se va a doblar, donde los esfuerzos cortantes son mayores.
Grietas y Rajaduras	Rajaduras de la madera	Igual que para las grietas	Igual que para las grietas
Mengua	Corteza o depresiones en el borde o esquina de la pieza de madera aserrada	Afecta al clavo y la fuerza soportante	Limita los requisitos para madera estructural para fabricación, para soportes, clavado y apariencia, y no por su efecto en la resistencia
Depósitos de resina	Aberturas entre los anillos de crecimiento anual que contiene resina o corteza	Tiene poco o ningún efecto en la resistencia	Usualmente no se consideran, excepto si hay gran número de ellos; puede haber agrietamiento o se pueden haber debilitado las uniones entre los anillos anuales de crecimiento
Agujeros	Ya sea un agujero de nudo o algún otro causado por otros medios	Igual que para los nudos	Igual que para los nudos

Fuente: Hornbostel¹⁴

¹⁴ Hornbostel, Caleb. Materiales para la construcción: tipos, usos y aplicaciones. Pág. 563.

1.3 LA MADERA DE PINUS RADIATA D.DON

1.3.1 Como material de construcción

La especie *Pinus radiata* D.Don es utilizada desde hace mucho como material de construcción en países de donde es originaria (Norte América), en el caso de países de Sur América donde fue introducida, se viene utilizando con éxito; en el Perú, una de las primeras experiencias con esta especie se da en Cajamarca, gracias a la cooperación Belga y a instituciones peruanas que apostaron por la forestación con *Pinus radiata* D.Don.

La madera de *Pinus radiata* D.Don es bastante cotizada debido a su belleza, que permite tener cierto tipo de acabado; es bien sabido que un ambiente que cuenta con instalaciones de madera es más cálido y genera bienestar a las personas que habitan en ella, esta madera es muchas veces símbolo de estatus y de buen gusto, es por eso, que la madera de *Pinus radiata* ha sabido ganarse su espacio entre las diferentes variedades de madera con que se cuenta.

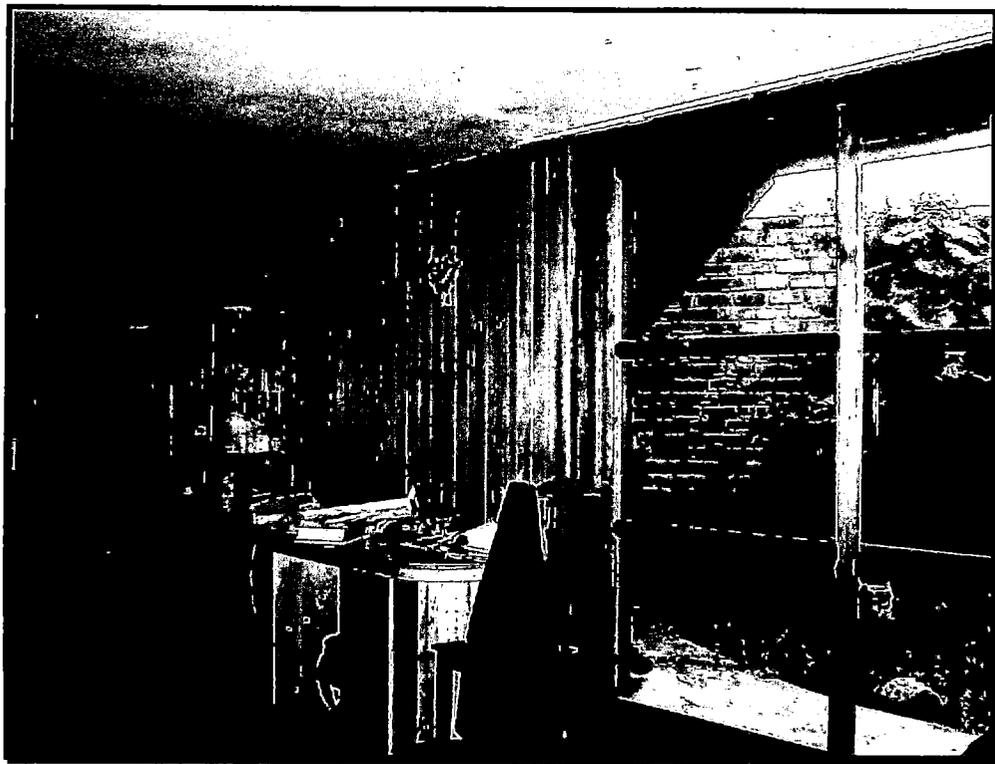
La madera de *Pinus radiata* D.Don se puede utilizar para la industria de la construcción de dos formas:

Δ No Estructural

Se utiliza para la elaboración de elementos no estructurales como puertas, ventanas, enchapes para las paredes (ver Foto N° 1-01), o como insumo en la elaboración de elementos que intervienen en la industria de la construcción como tableros.

Es importante recalcar que la madera para ser utilizada en la industria de la construcción primero debe ser secada y de ser posible tratada, esto debido a que la madera sufre arqueaduras y tiende a contraerse al estar en proceso de pérdida de humedad. (Se considera madera seca cuando el C.H < 12 %)

Foto N° 1-01.- Enchape de muros, elemento decorativo.



Fuente: Colección personal.

Δ Estructural

Se utiliza en forma de vigas y columnas, las cuales pueden ser de alma llena o semi-llena, también las secciones pueden estar compuestas de madera Pinus radiata laminada, lográndose así alcanzar peraltes mayores a manera de aumentar la resistencia del elemento (Ver Foto N° 1-02 vigas laminadas y columnas de Pinus radiata D.Don, también ver Foto N° 1-03)

En sí, la madera estructural, es aquella que cumple con ciertos requisitos de clasificación, la cual está destinada a resistir esfuerzos debido a las cargas y sollicitaciones para las cuales va a trabajar.

Como todo elemento o material destinado para uso estructural deberá estar preparada para trabajar en compresión, tracción, flexión o una combinación de estas.

Las dimensiones de cada pieza de madera deben de satisfacer el diseño, para lo cual fue modelada la estructura.

Foto N° 1-02.- Vigas laminadas de madera de Pinus radiata



Fuente: Colección personal

Foto N° 1-03.- Vigas y columnas laminadas de madera de Pinus radiata



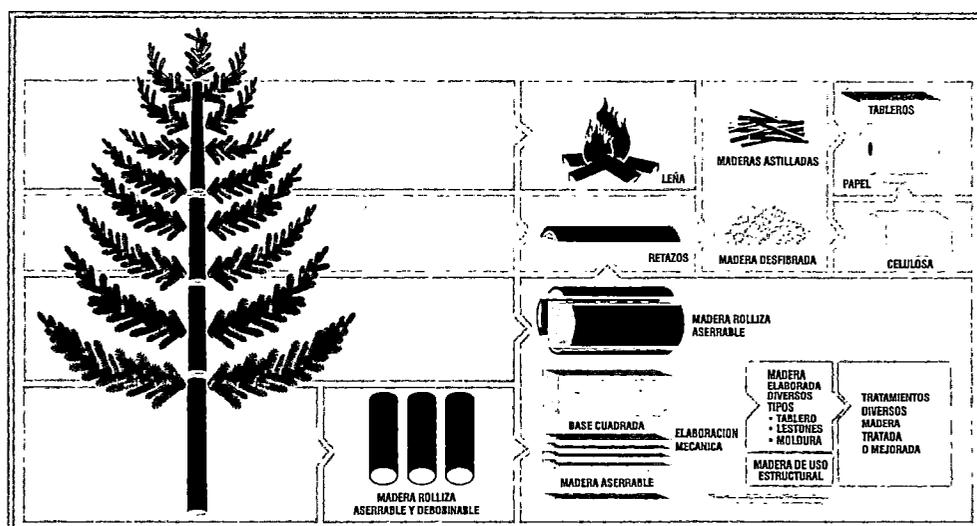
Fuente: Colección propia

1.3.2 Utilización de la madera de Pinus Radiata D.Don en el Perú

La madera de Pinus radiata D.Don tiene una gama de utilidades, como se explicó, puede ser utilizada de forma estructural y no estructural, el gráfico N° 1-02 nos muestra en forma simplificada los posibles usos de esta. Como se observa, la mejor madera para uso de tipo estructural se encuentra en aquella que está cercana a la base y corresponde a las primeras trozas.

A través de trabajo silvicultural del bosque (raleo y poda), se puede llegar a tener niveles de madera que contengan una mínima cantidad de nudos o la nulidad de estos en algunas piezas, las cuales podrán ser utilizadas para vigas y columnas, pero además de contar con un buen manejo del bosque, se debe contar con un buen manejo post extracción, esto es, mejorar la industria del secado y la de la protección de la madera, con lo que obtendríamos un producto de calidad.

Gráfico N° 1-02.- Aprovechamiento de la madera Pinus radiata D.Don



Fuente: http://www.papelnet.cl/arb/usuarios_madera.htm, Adaptación: Propia

1.3.3 Demanda en las empresas peruanas de productos de Pinus radiata D. Don y derivados

En el Perú diferentes empresas han centrado su economía en la comercialización y procesamiento de la madera de Pinus radiata D. Don, pero no necesariamente peruano, ya que países hermanos compiten de manera eficaz en relación a la comercialización de Pino radiata D. Don que se utiliza aquí, lo que nos muestra que es rentable apostar por forestar con esta especie, y fomentar el procesamiento del mismo para nuestro mercado, mencionaremos algunos casos:

Δ Arauco Perú

Es una empresa que comercializa productos que utilizan como insumo la madera de Pinus radiata como material para la industria de construcción (ver Tabla 1-07).

Como indica su página Web (www.arauco.cl/peru)

“Fue creada el 27 de Octubre de 1997 bajo el nombre Cholguán Lima S.A. con el propósito de actuar en el mercado peruano para la comercialización de los productos Cholguán. En el año 2001 cambia de razón social a Arauco Perú S.A. aumentando con ello su oferta de tableros con la inclusión de los productos Trupan y Araucoply.”

Arauco Perú es una sucursal de Arauco Chile que cuenta con sucursales a nivel internacional para la comercialización de sus productos.

Tabla Nº 1-07.- Productos comercializados por Arauco Perú.

Revestimientos	Tableros mueblería
AraucoPly	Trupan AraucoPly Durolac Faplac Cholguan
Madera de construcción	Tableros construcción
Impregnado MSD	AraucoPly
Postes impregnados	
Postes	

Δ Forsac Perú S.A.

Es otra empresa que utiliza como insumo el Pino radiata y como indica su página Web (www.forsac.com) "Forsac Perú S.A. es una compañía que produce y comercializa sacos multipliego de papel, perteneciente al grupo de empresas CMPC S.A. (www.cmpc.cl)." También menciona que:

"FORSAC Perú S.A., con una importante inversión y una capacidad de fabricación que supera los 130 millones de sacos por año, se ha constituido en el principal proveedor de sacos multipliego del mercado peruano, abasteciendo también a otros países del grupo andino."

Los usos más frecuentes para sacos multipliego, son para envasar los siguientes productos:

- ✓ Construcción: Cemento, cal, concreto premezclado, tarrajeo, yeso, morteros, agregados para la construcción.
- ✓ Alimentación: Azúcar, harina de trigo, sémola, cacao en polvo, avena, alimento balanceado, fruta seca, leche en polvo.
- ✓ Químicos: Resinas, óxido de zinc, ácido bórico, fertilizantes, azufre.
- ✓ Industriales: Almidón, adhesivos en polvo, baritina, bentonita, productos minerales varios.

Δ Tableros Peruanos S.A.

Esta empresa utiliza como insumo secundario para la fabricación de sus tableros; Pino, el cual puede ser de la especie pátula, radiata, entre otros, los cuales son de la Granja Porcón (Cajamarca, Perú), y como indica su página Web (<http://www.tablerosperuanos.com>)

“Tableros Peruanos S.A. (TAPESA) es la única empresa peruana que desde hace más de treinta años está dedicada a la fabricación de tableros aglomerados. Su planta ubicada en el departamento de La Libertad, provincia de Trujillo, es el orgullo de la región norte del Perú, con casi 9 hectáreas de extensión y rodeada de grandes cañaverales que marcan el contraste de lo natural en su encuentro con la alta tecnología.

Fue fundada en 1973 por las principales cooperativas de los ingenios azucareros del Perú. El soporte tecnológico e implementación de la planta estuvo bajo la dirección de técnicos alemanes, de quienes se importó la tecnología en su totalidad. Es así que en 1976 nace formalmente la marca MADERBA, con la cual Tableros Peruanos S.A. ha posicionado sus productos a través del tiempo.

Los tableros aglomerados MADERBA, gracias al esfuerzo de ingenieros y profesionales encargados de su fabricación, gozan de gran reconocimiento en el mercado peruano, identificándose como "El aglomerado del Perú". MADERBA: Son tableros de prensado plano que resulta de la aglomeración de partículas de materiales lignocelulósicos como el Bagazo de la caña de azúcar, virutas de Pino y/o Eucalipto con resina Urea Formaldehído (UF), bajo condiciones de presión, temperatura y tiempo determinado. En la Tabla N° 1-08 se muestran los productos comercializados.

Tabla N° 1-08.- Productos comercializados por Tableros Peruanos S.A

MADERBA MP
De superficie fina, permite un amplio rango de aplicaciones superficiales, como chapas de madera fina, fórmicas, finish foil o papeles decorativos, pinturas, etc. Utilizado en la industria del mueble y construcción. (Espesores Línea estándar: 9, 12, 15 y 18 mm)
MADERBA SP
Es un tablero de superficie media creado principalmente como complemento para trabajos de carpintería. (Espesores Línea estándar: 6 y 8 mm. Pedido especial: 4 mm.)
MADERBA CIELO RASO
Diseñado para dar soluciones de alto valor estético en oficinas, centros comerciales, hoteles, salas de cine, bancos restaurantes, etc. Sus tres capas que lo conforman brindan aislamiento termoacústico. Son resistentes al fuego y no tóxicos. (Espesor: 6 mm.)
MADERBA MELAMINA
Tablero MADERBA revestido con láminas decorativas, para la fabricación de muebles y acabados en viviendas, oficinas y centros comerciales. Presentación en variados diseños y colores. (Espesor Línea estándar: 18 mm. Pedidos Especiales: 9, 12, 15, 22, 25 y 30 mm).

Fuente: Tableros Peruanos S.A. (www.tablerosperuanos.com)

Δ Productos Tissue Del Perú S.A. (PROTISA)

Empresa que utiliza como insumo madera de *Pinus radiata* y Eucalipto y según se indica en su página web (www.protisa.com.pe):

"Productos Tissue del Perú S.A." (PROTISA) ingresó al mercado peruano en Julio de 1995, importando Papel Higiénico, Servilletas, Papel Toalla, Faciales y Pañuelos de otras empresas del grupo CMPC ubicadas en Sudamérica."

Según orden cronológico la empresa se desarrolló de la siguiente manera:

- ✓ En 1996, inauguran su primera planta de conversión en Chorrillos, que utilizaba papel base importado.
- ✓ En 1997, inauguran su planta de fabricación de papel, ubicado en Santa Anita.
- ✓ En el 2000, producen pañales desechables, lanzando la marca Babysec.
- ✓ En el 2001 adquieren una línea de conversión, para fabricar papel toalla y papeles higiénicos de doble hoja.
- ✓ En el 2002 adquieren una nueva máquina papelera.
- ✓ En el 2003, lanzan la marca Ladysoft (Toallas Higiénicas).

Entre los productos comercializados por TISSUE del Perú S.A se tiene:

- ❖ ELITE.
- ❖ NOBLE.
- ❖ BABYSEC.
- ❖ LADYSOFT.

1.3.4 Estudios para la utilización de la madera de Pino de Cajamarca.

El bosque de Pino de Cajamarca, por su magnitud y su carácter de ser un bosque cultivado, atrajo la atención de diversos investigadores, es así, que podemos citar por ejemplo a Arostegui Ruiz; Chuquin Orihuela; Negrón Pardo; Reyes Pinto¹⁵ quienes realizaron la tesis “Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de fósforos comunes en el departamento de Cajamarca a partir del Pino” y que da como área de influencia para los productos finales en el mercado nacional: Lima, Callao, Chiclayo, Arequipa, Trujillo, Huancayo, Chimbote y Cuzco.

También encontramos la investigación de Marticorena Quevedo¹⁶, cuya tesis “Evaluación del comportamiento de los embalajes elaborados con dos especies forestales de Cajamarca (Eucaliptos Globulus y Pinus radiata) para el transporte de mangos y espárragos frescos”. Muestra otra posible utilidad del Pinus radiata.

También se puede utilizar el Chip¹⁷ de la madera, el cual se puede exportar, y tan solo necesita tener plantas de procesamiento cercanos al bosque.

Pero lo más importante es que se está utilizando en la construcción de viviendas y acabados, en la zona de Cajamarca, donde podemos ver elementos para techos como vigas laminadas que expusimos en la Foto N° 1-02.

¹⁵ Arostegui Ruiz, Luisa Cecilia; Chuquin Orihuela, Dante Iván; Negrón Pardo, Carlos Alberto; Reyes Pinto, Kelvin. Estudio de Pre-factibilidad para la instalación de una planta de producción de fósforos comunes en el departamento de Cajamarca a partir de Pino.

¹⁶ Marticorena Quevedo, Marco Alejandro. Evaluación del comportamiento de los embalajes con dos especies forestales de Cajamarca (Eucalyptus globulus y Pinus radiata) para el transporte de mangos y espárragos frescos.

¹⁷ Chip de madera: elemento resultado de la trituración de la madera y con el cual se puede elaborar múltiples productos.

1.3.5 Beneficios de la forestación con bosques de Pino Radiata

- △ Mejoramiento del aire, control ambiental por captación de carbono (en forma de monóxido de carbono, anhídrido carbónico y partículas de carbón)

La importancia ambiental de los bosques es que gracias a ellos se purifica el aire debido a que estos a través de la fotosíntesis producen oxígeno y captan los gases tóxicos que son emitidos por los diferentes procesos productivos del hombre, en la actualidad la emisión de gases nocivos ha aumentado en forma geométrica y nos ha puesto frente a un panorama de calentamiento global, está alerta ha generado que se ponga como agenda principal en temas de gobierno el control del efecto invernadero.

Como se mencionó la captura y fijación de carbono en el tejido vegetal es parte natural del proceso de fotosíntesis. La captura de carbono dependerá de la especie y del tiempo de crecimiento, es por eso que los bosques de rápido crecimiento captarán más carbono y generarán más oxígeno, en el Perú una buena alternativa sería la siembra de *Pinus radiata* y Eucalipto, pero además podemos mencionar que ya se ha comenzado a forestar con una especie de rápido crecimiento como lo es el Cedro Rosado de la India.

Para el caso de los bosques de *Pinus radiata* podemos calcular analíticamente la cantidad de carbono captado del ambiente de la siguiente manera:

Utilizaremos para el ejemplo la extensión de bosque de la Granja Porcón y para los datos de carbono por especie, podemos citar el documento La captura de Carbono¹⁸, sobre *Pinus radiata* D.Don chileno.

- ✓ Superficie cubierta por plantaciones de *Pinus radiata* Granja Porcón: 10000 Ha.
- ✓ Contenido de carbono por metro cúbico de *Pinus radiata*: 215 Kilos.
- ✓ Crecimiento anual: 24 m³ por hectárea al año.

¹⁸ Fundación Chile. La captura de carbono: un proceso vital para la mantención de la vida.

Multiplicamos la cantidad de contenido de carbono por metro cúbico (215 Kg/m³) de Pino por el crecimiento anual promedio de la especie (24 m³) por hectárea, lo cual nos daría la captura anual de carbono del ambiente:

$$215 \text{ Kg/ m}^3 \times 24 \text{ m}^3 /\text{Ha} = 5\,160 \text{ Kg/Ha}$$

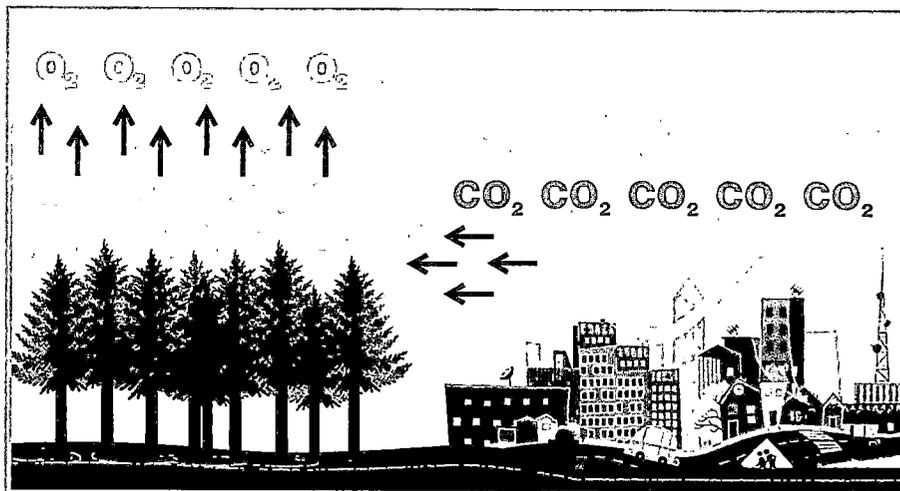
Esto quiere decir que por cada hectárea de bosque, capturaremos del ambiente 5,16 toneladas de carbono, si multiplicamos lo obtenido por la cantidad de hectáreas sembradas con pinos, se encontrará:

$$5,16 \text{ Ton/Ha} \times 10\,000,00 \text{ Ha} = 51\,600 \text{ Ton}$$

Lo que equivale a decir que gracias a la plantación de *Pinus radiata* se absorberá del ambiente 56 000 toneladas adicionales de carbono por año, contribuyendo así al cuidado y preservación del medio ambiente.

Gracias a este potencial que tiene los bosques de captar gases contaminantes del ambiente y proporcionar oxígeno (ver Gráfico N° 1-03), se podrá acceder a bonos de carbono lo cual significa más inversión en forestación, estos son una herramienta del protocolo de Kyoto para la remediación y control ambiental, en el cual se establece que los países industrializados que tengan un grado de contaminación mayor al de su meta tendrán que invertir en países en desarrollo que proporcionen proyectos de remediación ambiental como es el caso de la forestación.

Gráfico N° 1-03.- Captación de monóxido y generación de oxígeno



Fuente: Elaboración propia

Δ Control de erosión de suelos

Se puede controlar la erosión del suelo a través de la forestación de *Pinus radiata* D. Don, la cual permite tener una protección contra el poder erosivo de los vientos y de la lluvia, la cubierta vegetal se posiciona como un manto que además de protegerlo, lo nutre.

Podemos citar a Morgan¹⁹ que en su libro *Erosión y conservación del suelo* cita:

“Los bosques proporcionan excelente protección del suelo frente a la erosión. Mantiene altas tasas de evapotranspiración, interceptación e infiltración y, consecuentemente, generan pequeñas escorrentías...”

Δ Control de huaycos y avenidas

La forestación es una medida eficaz de control de huaycos. La presencia periódica de huaycos, afecta a miles de peruanos los cuales lejos de buscar lugares seguros donde ocupar sus viviendas se asientan en lugares que

¹⁹ R.P.C. Morgan traducido por Urbano Terrón; Urbano López de Meneses. *Erosión y conservación del suelo*. Pág. 205.

pertenece a la trayectoria más probable del huayco (problemas que derivan de la educación y el control), lo que les genera daños y acrecienta su pobreza. Los huaycos son corrientes de barro sobre las cuales se arrastran rocas de gran tamaño y peso, poseen una gran fuerza destructiva. Pero se cuenta con formas de disipar esta energía contenida en este evento, se recomienda la forestación asociada preferentemente con especies nativas y de rápido crecimiento. Se debe mantener una protección y vigilancia constante, a medida que crecen las plantas, ya que muchas veces es la misma población favorecida por la protección la que termina destruyendo y deforestando.

Podemos citar al Ing. Julio Kuroiwa en su libro de Prevención de desastres²⁰, explica:

“Los bosques intactos y selvas vírgenes proveen una serie de servicios a la humanidad como el control de inundaciones, incremento de la recarga del agua del subsuelo, control de deslizamientos y erosión, ...”

Menciona, además, el efecto esponja que puede reducir la emisión de agua que circula por la caída de lluvias.

Δ Fuente de empleo y riqueza

La forestación permite que se genere empleo, el cual es mayor en número que la que se da en la minería, cuando se realiza en forma comercial permite que el trabajo sea constante, y genera riqueza que es sustentable en el tiempo.

Las diferentes etapas del proceso de forestación permite que múltiples familias basen sus economías en el trabajo generado (habilitación del terreno, durante el proceso de forestación: sembrado, raleo, poda; durante el proceso de extracción y comercialización, transformación de la materia y comercialización final)

²⁰ Kuroiwa H., Julio. Prevención de desastres. Pág. 59.

El Ing. Washington Estrada²¹ propone un sistema silvicultural, cuya meta es producir maderas con diámetros adecuados para tablas y tablonés sin nudos y con una resistencia adecuada para construcciones livianas. quien especifica en la tabla N° 1-09 las faenas de manejo del *Pinus radiata*.

Tabla N° 1-09.- Faenas de manejo para Pino radiata para tres índices de sitio y edades de intervención

Faena	I.S.13 Año	I.S.26 Año	I.S.39 Año
Plantación	0	0	0
Replante (Eventual)	0-1	0-1	0-1
Coronamiento	2	2	2
Coronamiento	4	4	4
Poda 1era (0-2m)(en todos los árboles vivos)	9	4	4
Raleo 1ero(es de desecho)(deja 800 árboles/ha)	11	7	5
Poda 2da (2-4m) Estimación de volumen, raleo	14	7	5
Estimación de volumen, raleo	16	10	7
Raleo 2da(es productivo)(deja 400 árboles/ha)	17	11	8
Poda 3ra (4-6m todos)	20	11	8
Estimación de volumen final	28	21	16
Corta Final	29	22	17
Administración/imprevistos	1 a29	1 a 22	1 a 17

Fuente: Estrada A., Washington²².

²¹ Estrada A., Washington - CORMADERA. Manual para la producción de: PINO - *Pinus radiata* D.Don.

²² Estrada A., Washington - CORMADERA. Manual para la producción de: PINO - *Pinus radiata* D.Don. Pág. 49.

CAPITULO 2. LA ESPECIE PINUS RADIATA D.DON

“El amor es el significado último de todo lo que nos rodea. No es un simple sentimiento, es la verdad, es la alegría que está en el origen de toda creación”. (Rabindranath Tagore)

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESPECIE PINUS RADIATA D.DON.

2.1.1 Procedencia

El Pinus radiata D.Don, conocido comúnmente como Pino radiata, Pino insigne o Pino monterrey, es originario de los Estados Unidos de Norteamérica. Fue introducido en el Perú por los años 1976-1977, específicamente en la zona de Cajamarca, gracias al esfuerzo en conjunto de organismos peruanos(CICAFOR, Cooperativa de Trabajadores Atahualpa) y la cooperación belga se logró con éxito la adaptación de la especie Pinus radiata al clima y suelo del país, la selección de esta no fue al azar, se buscó una especie que creciera en similares características de clima y tierra, logrando encontrar un buen punto de partida en experiencias vividas con plantaciones mexicanas, motivo por el cual viendo los resultados obtenidos en esas condiciones se apostó por la implementación de la especie en tierra cajamarquina.

Los primeros proyectos, de los cuales se tiene referencia son:

Plantaciones con fines industriales en Cajamarca	1976 - 1982	CICAFOR - Cooperación Técnica Belga (CTB)	499 Ha de plantaciones forestales demostrativas
Proyecto Piloto de Forestación	1983 - 1989	Unión Europea - Cooperación Técnica Belga (CTB) - Ministerio de Agricultura	3,572 ha. de plantaciones forestales con fines comerciales

En la actualidad según la revista Agronoticias²³ la Granja Porcón cuenta con 10 500 hectáreas de pinos cultivados, la cual según Arostegui²⁴ tiene distribuida en su territorio especies, como: *Pinus radiata*, *Pinus pátula*, *Pinus muricata*, *Pinus montezumac*,

2.1.2 Descripción del árbol en pie

El pino radiata de la zona alcanza una altura promedio de 25 a 30 m, pero la especie puede alcanzar fácilmente los 40 m. de altura. El diámetro a la altura de pecho (DAP) es de 0.50 m, su fuste es cilíndrico y esbelto.

2.1.3 Características de la troza

Cuando el árbol ha sido talado, se procede a podarlo de manera que el fuste quede limpio y libre de ramas, con el fin de dividirlo en trozas que tienen una longitud promedio (para nuestra investigación) de 3.60 m de largo; las cuales presentaron las siguientes características:

Diámetro : En promedio es de 0.50 m en la primera troza, disminuyendo con la altura.

Defectos : En las trozas de niveles inferiores (de 0.00 a 7.20 m), no se presentan nudos en abundancia.

En las trozas de niveles superiores ($h > 7.20$), se incrementa el número de nudos.

Forma : Cilíndrica

El *Pinus radiata* es muy propenso al ataque de hongos e insectos, por lo que se recomienda que sea tratado desde la etapa de tala, trozado, hasta su disposición final en el aserradero.

²³ Trinidad Ardiles, Alfredo. CAT "Atahualpa Jerusalén": Líder en cultivo de Canola en los andes". Revista Agronoticias N°320 pp.16-18.

²⁴ Arostegui Ruiz, Luisa Cecilia; Chuquin Orihuela, Dante Iván; Negrón Pardo, Carlos Alberto; Reyes Pinto, Kelvin. Estudio de Pre-factibilidad para la instalación de una planta de producción de fósforos comunes en el departamento de Cajamarca a partir de Pino.

Sobre preservación del *Pinus radiata*, el Laboratorio de Productos Forestales²⁵ nombra los siguientes sistemas: por vacío – presión o inmersión y además Santos²⁶ en su tesis de grado menciona que la durabilidad del *Pinus radiata* se incrementa al ser preservado.

Al momento de elegir el preservante, se tiene que tener cuidado que no sea un producto que afecte a la salud, ya que gracias a investigaciones, se ha podido detectar por ejemplo: que la creosota (producto utilizado para preservar madera) tiene efectos nocivos por ser altamente cancerígeno, según lo menciona la UCLA²⁷.

2.1.4 Clasificación científica o taxonómica

La utilidad de la clasificación científica o taxonómica, radica en que nos permite evitar la confusión que se genera por el uso de diferentes nombres comunes, que se adoptan según la zona donde crece la especie. Es por ello, que la clasificación nos proporciona un consenso general para establecer un orden esquemático.

Tabla N° 2-01.- Clasificación científica o taxonómica

Reino	Plantae
División	Pinophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Pinales o Coniferales
Familia	Pinaceae
Género	Pinus
Subgénero	Diploxylon
Especie	P. radiata
País de origen	EEUU.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Pinus_radiata.

²⁵ Laboratorio de Productos Forestales. Pino radiata, [formato electrónico: Pino%20radiata.pdf – En línea].

²⁶ Santos Galindo, Claudia Karina. Durabilidad natural y adquirida en madera tornillo (*Cedrelinga cateniformis*), Copaiba (*Copaifera officinalis*) y Pino radiata (*Pinus radiata*).

²⁷ UCLA Labor Occupational, Safety & Health Program. CREOSOTA, lo que Ud. necesita saber [formato electrónico: Creosota español.pdf – En línea].

2.2 CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DEL PINUS RADIATA D. DON.

2.2.1 Características macroscópicas de la madera

La Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT²⁸ explica que la estructura macroscópica es la que: “observada a simple vista y con la ayuda de una lupa de 10 aumentos” se pueden ver: los anillos de crecimiento, radios medulares y parénquima longitudinal. La Ing. Sibille Martina²⁹, nos brinda las características macroscópicas del *Pinus radiata D. Don*:

Observación macroscópica del Corte Transversal (lupa de 10 aumentos)

- ✓ Anillos de crecimiento : Distribución irregular.
- ✓ Traqueidas : Forma cuadrada o hexagonal de 4 a 5 lados.
- ✓ Parénquima longitudinal : Escaso.
- ✓ Conductos gomíferos : Longitudinales presentes.

2.2.2 Características microscópicas de la madera

La Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT³⁰ explica que la estructura microscópica “trata de los diferentes tipos y características de las células que forman estos tejidos” y además, menciona que tiene una estructura anatómica homogénea. La Ing. Sibille Martina³¹, nos brinda las siguientes características microscópicas del *Pinus radiata D. Don*:

²⁸ Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT (Scaletti Fariña, et al.). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. Pág.1-10

²⁹ Sibille Martina, Ana María. “*Manuale di Identificazione di Specie Forestali della Comunità Andina*”.

³⁰ Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT (Scaletti Fariña, et al.). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*. Pág.1-10

³¹ Sibille Martina, Ana María. “*Manuale di Identificazione di Specie Forestali della Comunità Andina*”.

Observación microscópica de los Cortes Tangencial y Radial: (microscopio 100 aumentos)

Δ Traqueidas:

Tipo de punteaduras : Aeroladas

Cantidad de punteaduras : Abundantes ubicadas al mismo nivel,
presentan una sola punteadura aerolada

Crásulas : Ausentes

Engrosamiento en espiral : Ausente

Área de cruzamiento de los radios: Presenta 1 a 2 punteaduras del tipo
pinoide con areola

Conductos resiníferos radiales presentes

Δ Radios:

Tipo heterogéneo, uniseriados, algunos parcialmente biseriados

Tamaño: La altura conformados por 3 a 12 células y el ancho
conformados por 1 a 2 células.

Cantidad: Muy numerosos

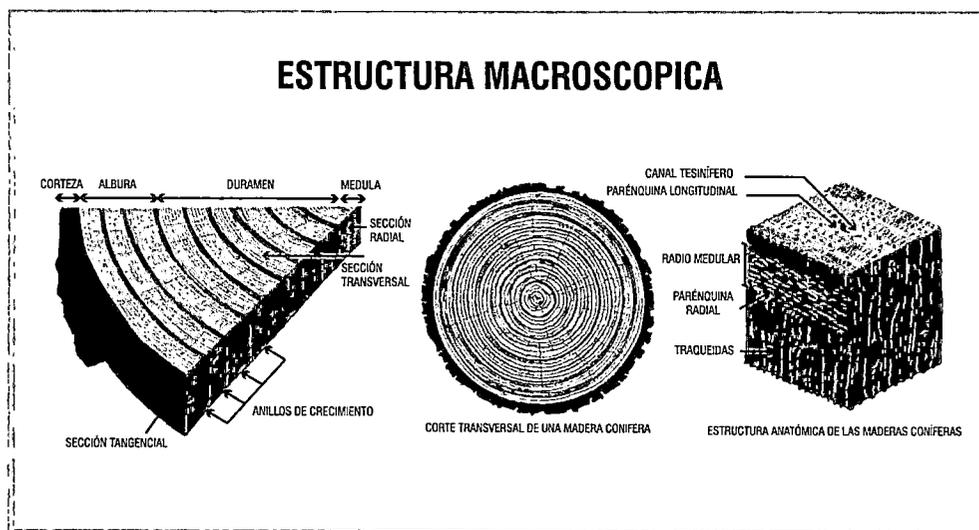
Δ Inclusiones:

Sustancias orgánicas: Resinas en canales radiales y longitudinales.

Sustancias inorgánicas: Ausentes

En el gráfico N° 2-01 podemos observar los anillos de crecimiento y las
diferentes secciones de una madera conífera.

Gráfico N° 2-01.- Estructura macroscópica de las maderas coníferas.



Fuente: Manual de diseño para maderas del grupo andino - Junta del Acuerdo de Cartagena. Pág. 1-12; Adaptación propia.

2.2.3 Características organolépticas

Según Cortez Villeguez³² Las características organolépticas son:

“llamadas también externas, son aquellas perceptibles por los órganos sensoriales. Tienen importancia en la identificación y la clasificación de las maderas, según su uso”.

Según Sibille Martina³³ la especie Pino radiata presenta las siguientes características organolépticas:

Δ Descripción de la Madera

- ✓ Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco y las capas internas (duramen) de color crema amarillo pálido, observándose entre ambas una transición gradual de color. En la madera seca al aire la albura se torna de color crema amarillenta y el duramen marrón muy pálido.
- ✓ Brillo: Medio o moderado.

³² Cortez Villeguez, Adolfo Johan. Clasificación Estructural de la madera Mashonaste “Clarisia Racemosa Ruiz & Pav”, Pág.28.

³³ Sibille Martina, Ana María. “Manuale di Identificazione di Specie Forestali della Comunità Andina”

- ✓ Grano: Recto.
- ✓ Textura: Fina.
- ✓ Veteado: Líneas longitudinales oscurecidas por la resina, arcos superpuestos.
- ✓ Olor: Característico a madera resinosa, fragante cuando está fresca.

2.3 INFORMACIÓN TECNOLÓGICA DISPONIBLE

La madera de *Pinus radiata* D.Don es una especie que cuenta con variada información, ya que la madera de esta especie se está trabajando en muchos países, por ejemplo en el Perú, Universidades Nacionales como: la Universidad Nacional de Cajamarca y la Universidad Nacional Agraria La Molina vienen realizando investigaciones, que han sido plasmadas en tesis.

También hay organismos públicos y privados, que están trabajando el tema, es así que encontramos instituciones como ADEFOR, que de forma desinteresada promueve la investigación de diferentes especies de pinos.

En Latinoamérica encontramos que el *Pinus radiata* D.Don, se está trabajando en Perú, Ecuador, Colombia y Chile, siendo este último, el que más ha apostado por esta especie, sus inicios en la implementación de forestación de bosques con *Pinus radiata* D.Don fue a fines de los setenta, donde se planteó un plan de desarrollo con incentivos que dieron fruto y ahora cuentan con más de 1'400,000.00 Ha.

La real importancia del estudio de las propiedades del *Pinus radiata* de Cajamarca, radica en que las características de la madera variarán por diferentes factores: clima, tierra, horas sol, número de podas, raleos, etc. Somos un país con ventajas comparativas y competitivas, que se reflejan en la calidad de nuestros suelos y en lo maravilloso de nuestro clima, lo que nos permitirá obtener madera de calidad.

2.3.1 Características tecnológicas

Existe abundante información sobre Pinus radiata D.Don, y en el ámbito nacional podemos encontrar profesionales de primer nivel que trabajan el tema, es así que Sibille Martina³⁴ nos proporciona los datos tecnológicos de la especie, los cuales se muestran en las tablas 2-02 y 2-03:

Tabla N° 2-02.- Propiedades físicas de la madera Pinus radiata D.Don

Descripción	Valor
Densidad Básica	0,39 g/ cm ³
Contracción Volumétrica	8.00%
Contracción Tangencial	7.70%
Contracción Radial	4.60 %
Relación T/R	1.7

Tabla N° 2-03.- Propiedades mecánicas de la madera Pinus radiata D.Don (contenido de humedad al 12%)

Descripción	Valor
Módulo de Elasticidad en Flexión (MOE)	76.00 tn/ cm ²
Módulo de Ruptura en Flexión (MOR)	664.00 Kg/ cm ²
Compresión Paralela (RM)	290.00 Kg/ cm ²
Compresión Perpendicular (ELP)	70.00 Kg/ cm ²
Corte Paralelo a las Fibras	85.00 Kg/ cm ²
Dureza de Lados	264.00 Kg/ cm ²
Tenacidad (Resistencia al Choque)	1.58 Kg-m

2.3.2 Costos de la madera Pinus radiata comparado con otras especies

Por el volumen de comercialización, que está directamente ligado al nivel de producción de la materia prima, se tomó como precio del Pinus radiata el establecido como el de la madera pino nacional que es como lo comercializan, y en la cual están incluidos los diferentes tipos de pino y sus diferentes procedencias.

En el mercado peruano se comercializa la madera en pies tablares como unidad de medida (volumen), y para el cálculo del costo de algún requerimiento de madera podemos cubicar de la siguiente forma:

$$1 \text{ ft}^3 = \frac{\text{espesor (in)} \times \text{ancho (in)} \times \text{longitud (ft)}}{12}$$

³⁴ Sibille Martina, Ana María. "Manuale di Identificazione di Specie Forestali della Comunità Andina".

Obtenido el volumen lo multiplicamos por el precio del pie tablar, según la cotización del mercado y logramos así el costo del insumo a necesitar.

En Lima se puede encontrar centros de comercialización de madera en Santa Anita, Villa María del Triunfo, San Juan de Lurigancho, pero el más representativo, es el Parque Industrial de Villa el Salvador que aglomera a pequeños y medianos comerciantes de madera y sus derivados.

A través de encuestas, investigaciones propias de la tesis y de la información proporcionada por el CITE madera, que realizó un estudio donde se encuestó a 23 empresas del sector (ver tabla N°2-04), se pudo obtener a la fecha (Enero 2007) la siguiente relación de precios para diferentes especies forestales, los cuales fueron revisados y actualizados (Marzo 2009) y están resumidos en la tabla N°2-05 Lista de Precios.

Los precios se encuentran con IGV, pero son referenciales, ya que el costo varía debido a varios factores: calidad (menos rajaduras, menos nudos, más selectas), del contenido de humedad (si está seca al horno o si falta secar) de la procedencia (si es madera extranjera, nacional, dependiendo también del departamento de procedencia).

No hay mucha uniformidad en la comercialización, ya que además depende de los mayoristas, puesto que ellos trabajan como si fueran vetas, donde encuentran grandes bosques proceden a la comercialización hasta que ya no es rentable, muchas veces olvidando el pasivo de la reforestación dejándosela en hombros del estado si es que fuera el caso.

Pero la economía moderna ya está obligando el cambio de mentalidad, generando una responsabilidad social, donde las personas que compran un producto son conscientes de todos los eslabones de la cadena de producción.

En estos casos el trabajo silvicultural de los bosques para un desarrollo sostenible es primordial en el escalafón del desarrollo comercial nacional de la madera.

En la tabla N°2-06 se muestran los costos por los servicios de aserrío, reaserrío, cepillado, transporte, machimbrado, trozado y cortado; son costos de

los aserraderos y locales comerciales de madera de Lima, siendo otros los costos en locales de Provincia.

Tabla Nº 2-04.- Comercializadores de madera de Villa Salvador

Nº	Empresa	Gerente	Dirección	Teléfono
1	Maderera S&C Pizarro	Pablo Cucho Rodríguez	Av. Pachacútec 1087	No Indica
2	Maderera El Triunfo E.I.R.L.	José Martínez Mercado	Jr. San Martín # 118 Villa María del Triunfo	4507143
3	Maderera S.M. E.I.R.L	Margarita Espinoza Porras	Av. El triunfo # 205 Villa María del Triunfo	No Indica
4	Maderera Raimondi E.I.R.L	Ángel, Maceta Raimondi	Jr. El Carmen # 196 Villa María del Triunfo	No Indica
5	R.A.Maderera E.I.R.L.	Julia, Aguilar Huarancca	Jr. El Carmen #199 Villa María del Triunfo	No Indica
6	Maderera Castro E.I.R.L.	Gladys, Castro Chávez	Av. Nicolás de Pierola # 348 Villa María del Triunfo	4505401
7	Maderera Muñoz E.I.R.L	Teodoro, Muñoz Quintana	Av. Pachacútec # 2093 Villa María del Triunfo	4249046
8	Maderera San Ignacio E.I.R.L.	Alicia, Solano Canchan	Av. Pachacútec # 1731 Villa María del Triunfo	No Indica
9	Maderera Hermanos Peceros	Edwin Peceros	Av. Pachacútec Mz.E Lote 20 VES	(083)424310
10	Maderera y Servicios Múltiples A y C	Juana Rosa Pérez	Mz. M Lote 19 Parcela II VES	2881490
11	Maderera Kenart	Ana Quiroz	Mz. M Lote 22 Parcela II VES	7949688
12	Maderera Oriente	Juana Ramírez Tinoco	Mz. M Lote 34 Parcela II VES	No Indica
13	Marinera	María Delgado	Mz. M1 Lote 39 Parcela II VES	2605243
14	Forestal Andrea	Melly Huamani Ruiz	Mz. M Lote 11 Parcela II VES	4931727
15	La Casa del Pino	Manuel Riofrio Neyra	Mz. N Lote 38 Parcela II VES	4931657
16	Maderera Industrial "El Triunfo"	Edgard Laos Vásquez	Mz. E1 Lote 8 Parcela II VES	2877027
17	MAPIE	Miguel Botto	Av. Pachacútec Cdra 55 Mz. G Lote 7 VES	4930641
18	Exporting Madera	Osmar Ramos	Av. Pachacútec Cdra.57 Mz. I lote 8 VES	4933163
19	Machimaderas	Raúl Huamán	Mz. I Lote 6 Parcela II VES	5600748
20	Maderera Comercial "Los Mellizos"	Fidel Castro Gamarra	Mz. I Lote 6 VES	2879097
21	Corporación Los Andes	Alejandro Garay	Av. Pachacútec 5387 VES	2950793
22	COMASA	Clara Quispe	Av. Pachacútec 5205 VES	2950343
23	Transforestal Peruana	No Indica	Av. Pachacútec Cdra 47	2941257

Fuente: CITE Madera – Elaboración Propia sobre la base de 23 empresas encuestadas. Fecha de elaboración: Enero 2007.

Tabla N° 2-05.- Precios de maderas

N°	Especie	Precio(S./)/Pie ²	Posibles Usos
1	Cachimbo	2.60	Vigas, columnas, puertas y muebles
2	Caoba	11.50	Muebles
3	Capirona	2.60	Vigas, Confortables y Muebles
4	Cashimbo	2.30	Vigas, Columnas
5	Catahua	1.60	Vigas, Cajones de Ataúd y Confortables
6	Cedro	7.60	Muebles
7	Copaiba	2.00	Vigas y Muebles
8	Cumala	1.90	Muebles
9	Eucalipto	1.90	Muebles
10	Huayruro	3.10	Estructuras , Vigas y Muebles
11	Ishpingo	4.00	Muebles
12	Quinilla	2.60	Muebles
13	Marupa	2.30	Muebles
14	Mohena	3.00	Muebles
15	Nogal	2.50	Confortables
16	Pino Chileno	2.60	Muebles
17	Pino Nacional	2.10	Parihuelas, Confortables y Muebles
18	Roble	1.90	Parihuelas ,Confortables y Muebles
19	Tornillo	2.80	Vigas, Construcción y Muebles

Fuente: CITE Madera – Elaboración propia sobre la base de 23 empresas encuestadas.

Fecha elaboración Enero 2007, actualizado a Marzo 2,009.

El precio (S./) se encuentra en Nuevos Soles y es equivalente a 1 pie tablar

Tabla N° 2-06.- Precios de servicios para madera

N°	Servicio	Precio(S./)/Pie
1	Aserrió/Reaserrió	0.10
2	Cepillado	0.15
3	Transporte	Variado
4	Machimbrado	0.30
5	Trozado	0.55
6	Cortado	0.15

Fuente: CITE Madera – Elaboración propia sobre la base de 23 empresas encuestadas.

Fecha elaboración Enero 2007, actualizado a Marzo 2,009.

El precio (S./) se encuentra en Nuevos Soles

2.3.3 Comercialización de pino como madera aserrada y rolliza a nivel nacional

La presente información procede de INRENA y sólo involucra la madera de pino comercializada a nivel nacional propia de la zona, no se toma en cuenta para estos efectos la madera de *Pinus radiata* que se importa en grandes cantidades como material de construcción y como insumo para la fabricación de papel proveniente de otros países.

Primero en la Tabla N°2-07 se muestra la producción de madera rolliza (m³) por departamentos y años (1994-2003), segundo en la Tabla N°2-08: se muestra la producción de madera aserrada (m³) por departamentos y años y por último se realizó un resumen con la cantidad dada por años de comercialización de madera Pino (se incluye todas las especies: radiata, pátula, etc.) y se plasma en Tabla N°2-09 y 2-10.

De los datos estadísticos se analiza que el consumo de madera Pino sea rolliza o aserrada tiene tendencia positiva.

Tabla N° 2-07.- Producción de madera rolliza (m3) por departamentos y años

DPTO	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Amazonas	4,672.97	NR	11502.92	NR	10,676.74	1,182.57	6,664.42	6,555.95	12,972.38	42,416.02
Ancash	NR	NR	NR	2,353.50	3,874.08	NR	NR	29,828.06	19,824.97	28,524.85
Apurímac	NR	NR	4303	3,859.25	NR	NR	638.61	723.66	5,939.09	11,448.27
Arequipa	NR	1,739.42								
Ayacucho	NR	NR	NR	NR	NR	NR	5,438.75	2,012.61	2,079.23	569.15
Cajamarca	3,491.83	7912.72	10824.54	16,607.22	25,003.46	5,823.96	NR	8,196.97	13,633.86	14,565.65
Cusco	12,058.79	11332.6	14129.16	26,566.82	18,094.60	3,642.05	39,229.65	11,195.35	33,645.72	40,702.77
Huancavelica	NR	5,814.85	4,905.42	4,309.91						
Huánuco	NR	135367.43	25017.05	42,158.72	61,112.72	58,664.75	63,070.63	17,621.03	113,404.59	84,967.57
Ica	NR	65.47								
Junín	146,476.99	149566.43	272144.64	111,795.58	899,230.69	825,123.12	271,116.62	236,016.82	160,937.03	194,955.05
La Libertad	NR	39795.8	22230	47,631.42	5,148.58	28,874.93	8,473.71	44,732.96	63,580.14	56,653.15
Lambayeque	NR	NR	NR	NR	NR	NR	2,917.41	140.10	157.54	648.30
Lima	NR	473.35								
Loreto	103,515.01	188345.67	188936.35	227,481.44	229,575.00	202,067.00	287,389.00	242,389.00	240,272.45	274,565.70
Madre de Dios	134,471.35	84424.27	94308.4	103,777.82	116,586.65	303.60	266,611.97	132,191.81	163,629.30	175,376.53
Pasco	137,861.76	138928.68	131798.52	138,026.88	65,824.90	18,276.84	19,123.48	27,155.86	22,354.08	35,310.82
Piura	NR	48	8694.3	2,344.20	136.39	NR	NR	NR	8,183.67	3,613.96
Puno	NR	1216	7239.2	5,188.68	13,063.87	1,751.00	37,195.54	1,648.34	17,860.00	15,604.58
San Martín	199,355.23	268186.38	211700.09	89,030.22	86,496.10	54,416.90	49,328.44	45,598.00	41,502.46	64,987.08
Tacna	NR	449.25	NR							
Tumbes	NR	1,747.30	3,019.02							
Ucayali	344,390.34	371958.41	399535.44	302,551.80	293,757.60	224,100.00	267,995.63	276,440.59	182,751.55	329,992.98
T O T A L	1,086,294.27	1,397,082.39	1,402,363.61	1,119,373.55	1,828,581.38	1,424,226.72	1,325,193.84	1,088,261.98	1,109,830.02	1,384,509.59

NR: no reportaron producción

Fuente: Perú Forestal en Números 1994-2003; Fuente: Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). Obtenido del Portal de INRENA: www.inrena.gob.pe/iffs/iffs_cif_estad.htm Fecha: 18/01/2007 Hora: 3:35 p.m.

Tabla N° 2-08.- Producción de madera aserrada (m3) por departamentos y años

DEPARTAMENTO	1 994	1 995	1 996	1 997	1 998	1 999	2 000	2 001	2 002	2 003
Amazonas	2 433,00	460,26	5 861,00	NR	5 561,23	615,84	3 373,85	3 339,67	6 756,45	8 763,64
Ancash	NR	NR	NR	1 225,78	18,22	NR	NR	25,66	596,38	759,59
Apurímac	NR	NR	NR	2 010,04	NR	NR	45,00	218,00	1 479,56	1 489,22
Arequipa	NR	0,00								
Ayacucho	NR	NR	NR	NR	NR	NR	2 817,27	1 042,53	1 247,11	242,72
Cajamarca	1 819,00	NR	368,00	3 050,38	3 197,47	680,48	NR	1 865,18	2 878,03	3 076,53
Cusco	6 281,00	3 336,53	7 358,00	13 836,88	9 424,26	20 298,09	13 330,50	6 488,02	6 762,83	7 161,72
Huancavelica	NR	NR	NR	NR	NR	3 942,80	NR	51,04	351,37	174,75
Huánuco	NR	22 835,50	13 265,00	16 944,99	34 203,82	36 419,49	41 047,81	11 520,83	98 892,25	36 834,74
Ica	NR	2,85								
Junín	76 290,00	75 538,60	85 110,00	57 913,00	96 577,13	428 129,96	149 169,69	122 256,71	74 174,57	83 715,00
La Libertad	NR	20 726,98	64,00	4 623,36	878,99	2 034,72	315,81	3 610,00	7 817,19	7 266,76
Lambayeque	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1 511,22	NR	51,38	13,06
Lima	NR	0,00								
Loreto	53 914,00	55 282,42	71 250,00	57 475,81	130 838,13	74 526,00	74 772,60	78 196,95	125 141,90	97 006,61
Madre de Dios	70 037,00	42 638,52	49 119,00	54 050,94	60 723,13	49 389,61	138 105,00	68 475,36	85 223,60	91 341,94
Pasco	71 803,00	70 166,00	68 606,00	71 889,00	34 183,81	37 806,10	23 555,96	16 945,03	11 642,75	16 117,68
Piura	NR	NR	NR	1 220,94	82,00	NR	NR	NR	4 205,82	153,66
Puno	NR	608,5	3 682,00	2 613,90	6 804,10	8 271,00	19 490,35	NR	9 302,08	7 286,43
San Martín	103 831,00	135 447,65	110 262,00	65 995,44	59 525,36	33 955,73	34 183,98	23 619,76	24 082,87	37 730,51
Tacna	NR	0,00								
Tumbes	NR	910,05	2,00							
Ucayali	179 370,00	203 173,71	209 976,00	129 418,37	148 256,46	138 601,00	144 444,75	168 399,46	165 151,92	129 152,56
TOTAL	565 778,00	629 606,17	624 921,00	482 268,83	590 274,11	834 670,82	646 163,79	506 054,20	626 668,11	528 291,97

NR: no reportaron producción

Fuente: Perú Forestal en Números 1994-2003; Fuente: Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). Obtenido del Portal de INRENA: www.inrena.gob.pe/iffs/iffs_cif_estad.htm Fecha: 18/01/2007 Hora: 3:35 p.m.

Tabla N° 2-09.- Producción de pino como madera aserrada

Departamento	1 997	1 998	1 999	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004	2 005	2 006	2 007
Ancash	-	-	-	-	6,45	451,62	634,40	320,60	520,66	792,76	611,91
Arequipa	-	-	-	-	-	-	-	2,97	-	-	-
Apurímac	-	-	-	20,00	48,00	268,38	110,19	111,09	121,98	202,60	229,25
Cajamarca	114,97	165,44	182,48	NR	967,00	1 522,63	1 321,36	1 765,50	1 969,62	4 192,09	5 300,99
Cusco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87,71
Huánuco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junín	-	-	-	-	-	-	-	58,58	-	45,52	10,58
La Libertad	17,28	7,86	87,34	88,40	70,00	164,98	132,49	148,01	17,27	25,80	30,60
Madre De Dios	-	-	-	-	-	-	-	8,39	-	-	-
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55,00	11,36
Puno	-	-	129,50	85,14	-	-	-	20,85	32,84	-	-
Ucayali	-	8,00	91,00	110,05	38,84	-	-	-	-	107,81	158,67
Total	132,25	181,30	490,32	303,59	1 130,29	2 407,61	2 198,44	2 435,99	2 662,37	5 421,58	6 441,08

Fuente: Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) Obtenido del Portal de INRENA: www.inrena.gob.pe/iffs/iffs_cif_estad.htm / Anuarios: Perú Forestal en Números 2004, 2005, 2006, 2007; Otros Documentos: Producción de Madera Aserrada y Rolliza por Departamento 1994-2003. Elaboración: Propia

Tabla N° 2-10.- Producción de pino como madera rolliza (m3)

Departamento	1 997	1 998	1 999	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004	2 005	2 006	2 007
Ancash	-	-	-	-	222,86	179,65	1 950,09	374,55	177,27	556,94	706,14
Arequipa	-	-	-	-	-	-	-	5,70	-	-	-
Apurímac	-	-	-	38,61	92,66	515,29	242,22	117,13	179,28	30,80	25,13
Cajamarca	1 095,55	137,77	169,20	NR	2 948,65	5 181,27	4 479,41	11 581,29	5 567,81	23 819,05	34 133,31
Cusco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	209,69
Huánuco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junín	-	-	-	-	-	-	-	112,47	-	87,39	17,00
La libertad	33,18	15,11	76,85	39,30	12,00	56,70	240,02	213,08	150,02	54,50	586,39
Madre de dios	-	-	-	-	-	-	-	16,10	-	-	-
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105,61	21,82
Puno	-	-	-	164,09	-	-	-	40,04	63,15	-	-
Ucayali	-	17,00	118,00	212,45	74,98	-	-	-	-	207,00	224,63
Total	1 128,73	169,88	364,05	454,45	3 351,15	5 932,91	6 911,74	12 460,36	6 137,53	24 861,29	35 924,11

Fuente: Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). Obtenido del Portal de INRENA: www.inrena.gob.pe/iffs/iffs_cif_estad.htm / Anuarios: Perú Forestal en Números 2004, 2005, 2006, 2007; Otros Documentos: Producción de Madera Aserrada y Rolliza por Departamento 1994-2003. Elaboración: Propia

CAPITULO 3. MUESTREO

“El genio es un uno por ciento de inspiración, y un noventa y nueve por ciento de transpiración.”, Thomas Alva Edison (1847-1931)

3.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

La selección y colección de muestras destinadas al estudio de propiedades físicas y mecánicas, se llevó a cabo teniendo en cuenta la Norma 251.008³⁵, la cual establece los procedimientos a seguir.

El bosque de donde procede la madera de *Pinus radiata* D. Don ensayada, es de propiedad de la Cooperativa de Trabajadores “Atahualpa Jerusalén” (Granja Porcón), la cual comparte la administración de parte de este bosque con la “Asociación Civil para la investigación y el desarrollo Forestal” (ADEFOR), motivo el por cual, por intermedio de ADEFOR se solicitó autorización para la extracción de las muestras a los directivos de la Granja Porcón, para esto se llevó a cabo una reunión donde participaron:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| ✓ Sr. Alejandro Quispe Chilón | Gerente CAT “Atahualpa Jerusalén” |
| ✓ Ing. Raúl Parraga Solís | Asesor SENCICO |
| ✓ Ing. Flavio Saldaña | Representante ADEFOR |
| ✓ Tec. Jorge Chavarri Sánchez. | Representante ADEFOR |

³⁵ INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.008:1980 MADERAS. Selección y colección de muestras.

✓ Sr. José Luis Meza Solano Investigador

En ella, se realizó la presentación del grupo investigador por parte de los representantes de ADEFOR, logrando se nos conceda la autorización para poder seleccionar y extraer 6 árboles de la especie de *Pinus radiata* D. Don para los ensayos (ver foto 3-01).

Foto N° 3-01.- Presentación grupo investigador



Fuente: Colección Propia

La Granja Porcón fundada el 24 de Junio de 1975, es un ejemplo exitoso de una cooperativa que ha sabido aprovechar las oportunidades de desarrollo, apostando entre otras actividades por la forestación. Es así, que la Granja Porcón se ha convertido en un punto de llegada fundamental para el turista y en más de una ocasión se han publicado artículos donde recalcan la hermosura de sus tierras y el porvenir de sus habitantes. La revista Agronoticias³⁶ explica sobre la Granja Porcón:

³⁶ Alfredo Trinidad Ardiles, CAT "Atahualpa Jerusalén": Líder en cultivo de Canola en los andes".

“Somos una asociación civil dedicada a la investigación y el desarrollo forestal, que ha sentado las bases de una forestación con enfoque comercial y ambiental, por considerarla una actividad económica, social y ecológicamente rentable, forjando una propuesta técnica-social, con visión empresarial, compatible con las políticas de desarrollo, teniendo como premisa y fundamento la participación activa de la población.”

Actualmente ADEFOR está compuesta por cinco organizaciones:

- ✓ Universidad Nacional de Cajamarca
- ✓ Universidad Nacional Agraria - "La Molina"
- ✓ Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA
- ✓ Asociación para el Desarrollo Rural de Cajamarca - ASPADERUC
- ✓ Asociación de Carpinteros y Ebanistas de Cajamarca - "Mesa Redonda"

Dentro de las investigaciones que realiza ADEFOR, se manejan entre otras, las siguientes áreas:

- ✓ Manejo y productos forestales
- ✓ Silvicultura
- ✓ Mejoramiento genético
- ✓ Agroforestería

3.1.1 Área del estudio

Δ Zona

La zona como lo indica la Norma 251.008³⁷

“es el lugar donde se ubican los individuos que forman la población”.

La población es aquel conjunto de árboles del cual se va a determinar sus propiedades.

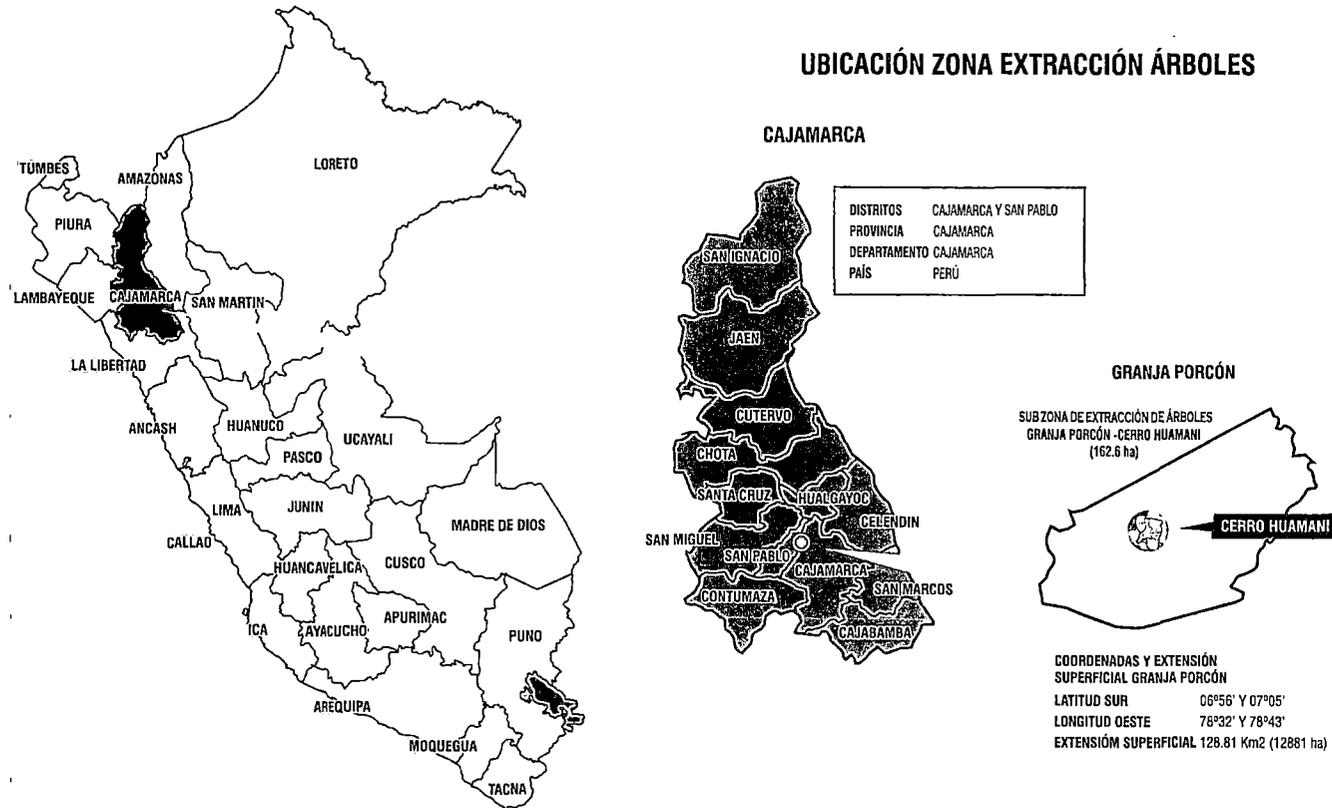
La zona de donde proceden las muestras de los *Pinus radiata* D. Don investigados, se encuentra detallada a continuación:

Distritos	:	Cajamarca y San Pablo
Provincia	:	Cajamarca
Departamento	:	Cajamarca

Cuyas coordenadas son 06°56' y 07°05' de latitud Sur y 78°32' y 78°43' de longitud Oeste; zona perteneciente a la Cooperativa Agraria Atahualpa Jerusalén llamada “Granja Porcón” la cual dista 30 km a la ciudad de Cajamarca y tiene como extensión superficial 109.66 km² (10 966 ha), ver gráfico N°3-01.

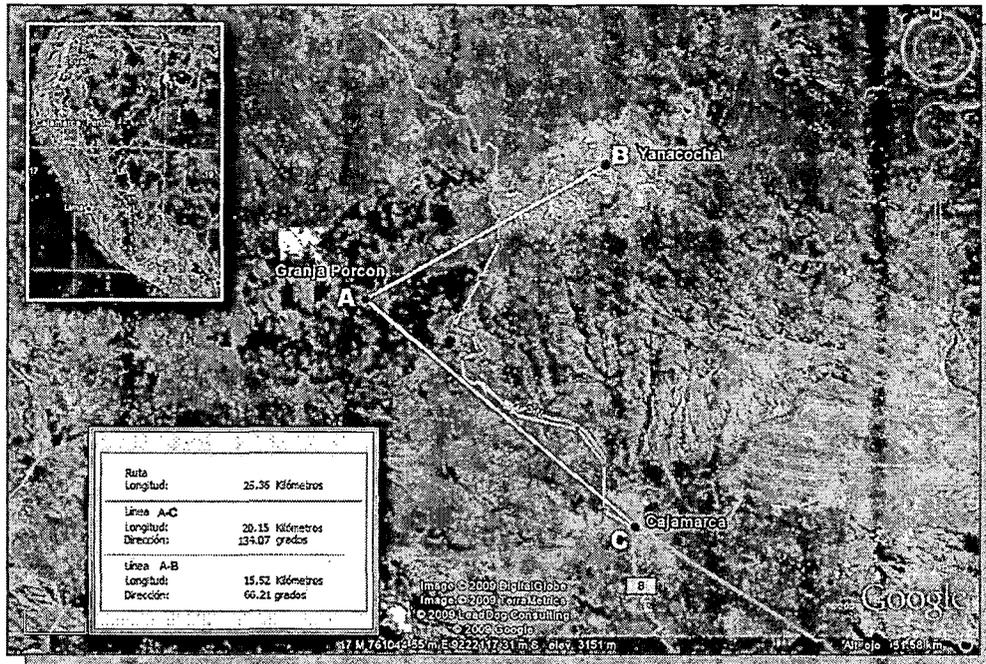
³⁷ INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.008:1980 MADERAS. Selección y colección de muestras. Pág.1.

Gráfico N° 3-01.- Mapa de Cajamarca, ubicación de Granja Porcón



En la foto N°3-03 se puede observar la interacción entre la inversión en medio ambiente (Granja Porcón) y la minería (Yanacocha), equilibrio delicado y de suma responsabilidad para ambas partes.

Foto N° 3-03.- Fotografía satelital: Granja Porcón – Yanacocha



Δ Sub – zona

La selección y recolección de las muestras se realizó en la Sub-zona denominada Cerro Huamaní, que tiene una extensión de 162.6 ha, de los cuales 93 ha están sembradas de *Pinus radiata*, la cual constituye el 2.6% de la extensión total forestada.

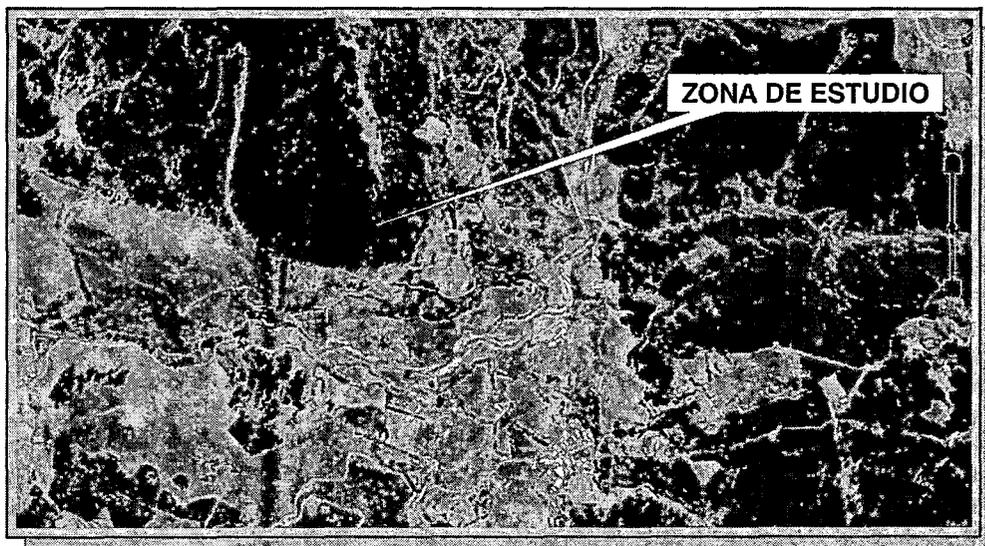
Los *Pinus radiata* D.Don pertenecen a la campaña 78-79 (fecha en que se forestó), realizada por CICAFOR ahora ADEFOR, esto nos proporciona la

edad de la especie estudiada (27 años al momento de la recolección), la cual es importante, ya que la resistencia también varía de acuerdo a la edad de la especie.

Gracias a la tecnología, podemos ver con la ayuda del software Google Earth una foto satelital de la sub - zona del Cerro Huamaní, ver foto N° 3-04.

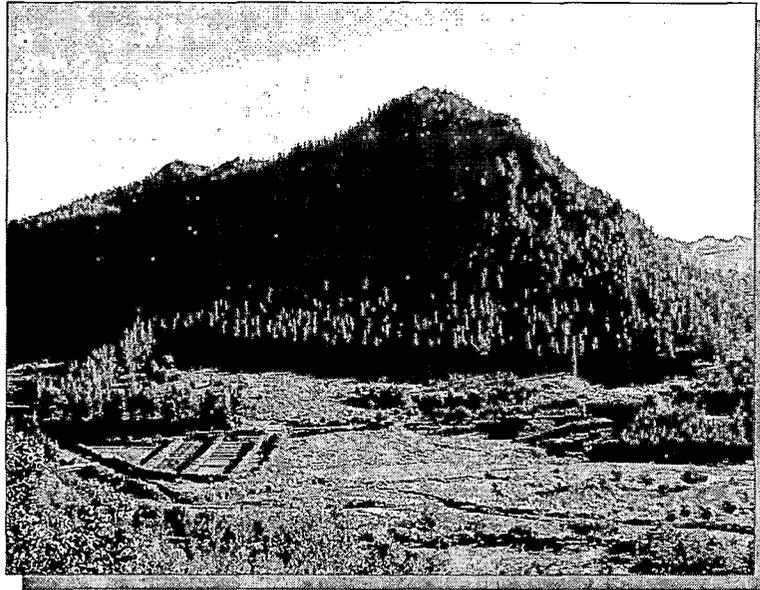
En las fotos N° 3-05 y 3-06, se puede apreciar la belleza generada al forestar el lugar con *Pinus radiata*.

Foto N° 3-04.- Foto satelital Cerro Huamaní



Fuente: Programa Google Earth 5.0.11337.1968 (2009)

Foto N° 3-05.- Cerro Huamaní, Lugar de donde se extrajo las muestras.



Fuente: Colección Propia

Foto N° 3-06.- Pinus radiata D. Don.



Fuente: Colección Propia

3.1.2 Selección del árbol dentro del bosque

△ Consideraciones previas

Número de individuos

Se utilizó tres criterios para obtener el número de individuos:

- ✓ **Primero**, la Norma E.101 de agrupamiento de maderas para uso estructural, dicta que se deberá ensayar un mínimo de 30 vigas provenientes de por lo menos 10 árboles por especie. Pero debido a la dificultad para coleccionar las muestras directamente del bosque la Norma acepta que se recolecte como mínimo 5 árboles.
- ✓ **Segundo**, las recomendaciones del asesor a nivel estructural, especificaban de que se recolectara un número superior a 5 árboles, como medida de prevención, por tratarse de coníferas.
- ✓ **Tercero**, teniendo como referencia las dimensiones seleccionadas para las vigas a ensayarse y el diámetro a la altura del pecho mínimo (DAP), se realizó el cálculo de número de vigas promedio que se obtendría por árbol.

Siguiendo los criterios asumidos, se tomó la decisión de proceder a la selección y extracción de 6 árboles de la especie *Pinus radiata* D. Don.

Criterio de selección

Lo ideal es que tratándose de un bosque cultivado, el cual ha tenido un manejo sostenible, tenga especímenes de buena calidad que se puedan ensayar. Es así que se seleccionó los individuos que han tenido un buen nivel de competencia, lo cual les ha permitido desarrollarse correctamente; el árbol seleccionado debe de poseer una buena alineación (fuste recto), libre de tensiones y esfuerzos previos, que permitirá obtener resultados confiables de los ensayos de las vigas.

Además para la selección y extracción se tuvo en cuenta dos criterios adicionales:

- ✓ **Efecto de borde**, se da en claros o lugares despejados, esto afecta al crecimiento del árbol, la competencia por la captación de nutrientes y luz solar es diferente en estas zonas, dando lugar a que las características de la madera de los árboles al borde de la carretera sea distinta a la madera obtenida al interior del bosque, ver gráfico N°3-02.

Gráfico N° 3-02.- Efecto de borde, se puede dar al borde de carretera.

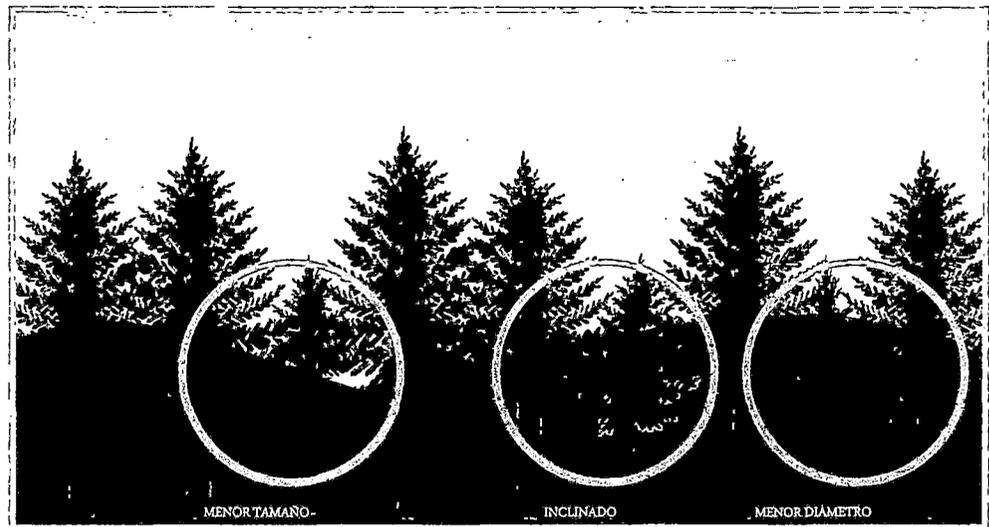


Fuente: Elaboración Propia

- ✓ **Ausencia de raleo**, el cual genera que el individuo tenga una mayor competencia para captar los nutrientes y la luz solar, no permitiéndole tener un buen desarrollo.

En el gráfico N°3-03 se observa que los árboles menos favorecidos (menor altura, menor diámetro, fuste inclinado, etc.) son extraídos para que los árboles más dotados tengan mejores condiciones para seguir desarrollándose.

Gráfico N° 3-03.- Ausencia de raleo



Fuente: Elaboración Propia

Δ Selección del árbol (procedimiento de campo)

La selección de los árboles destinados para ensayos se realizó con la asistencia de:

- Sr. José Luis Meza Solano Investigador
- Ing. Raúl Parraga Solís Asesor SENCICO
- Ing. Flavio Saldaña Representante ADEFOR

En dicha campaña se procedió a marcar los árboles más aptos, para luego proceder a su corte.

Escogidos los árboles, se procedió a determinar el diámetro a la altura de pecho (DAP)³⁸ de cada uno, los cuales se muestran en la tabla N°3-01.

Tabla N° 3-01.- Diámetro a la altura de pecho - DAP (m)

N° Pinus radiata	DAP (m)
1	0.45
2	0.44
3	0.44
4	0.48
5	0.44
6	0.50

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Selección de la troza

Δ Consideraciones previas

La troza como lo indica la norma 251.008³⁹:

“es la parte del fuste de longitud variable y libre de ramas, obtenida por corte transversal en el árbol seleccionado y que representará a la especie en los ensayos a realizar”.

La longitud de cada troza se estableció en 12' (3.60m), y se normalizó como nomenclatura; que cada troza tuviera como indicativo:

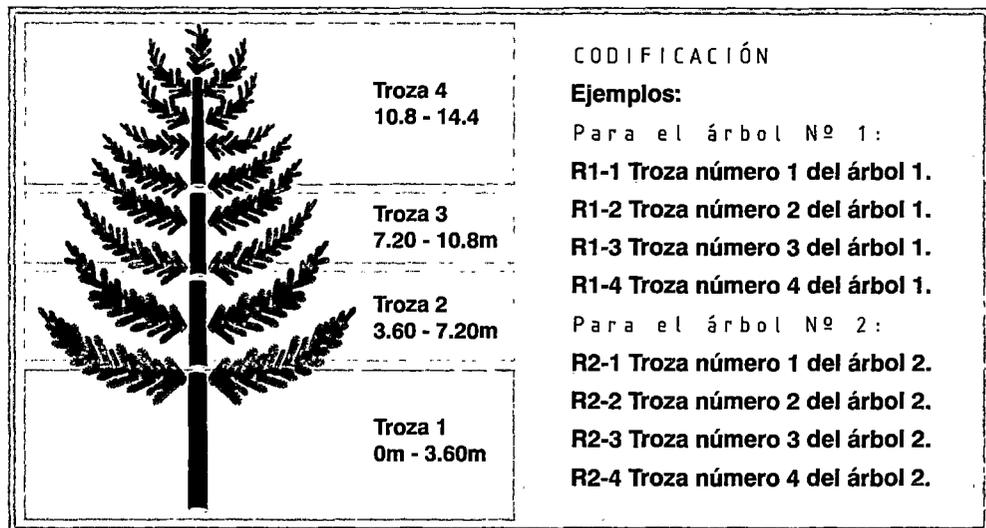
- ✓ **Primero**, el número de árbol del cual fue extraído (R1, R2, R3, R4, R5, R6).
- ✓ **Segundo**, el nivel al que pertenecía estando el árbol en pie (entre 0'-12' = troza 1, entre 12'-24' = troza 2 y así sucesivamente).

Lo explicado se puede apreciar en el gráfico N°3-04.

³⁸ DAP: es un procedimiento estandarizado que la medida del diámetro del árbol, sea realizada tomando como nivel de referencia la altura del pecho de la persona encargada de registrar sus características

³⁹ INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.008:1980 MADERAS. Selección y colección de muestras. Pág. 2.

Gráfico N° 3-04.- Corte, limpieza y codificado de la troza



Fuente: Elaboración Propia

Δ Selección de la troza (procedimiento de campo)

Después de cortar la troza, se procede a podarla y limpiarla. En esta etapa se obtuvo en total 29 trozas provenientes de los 6 árboles seleccionados.

3.2 TRANSPORTE Y HABILITACIÓN

3.2.1 Transporte y habilitación (aserradero ADEFOR - Cajamarca)

Δ Acarreo al borde de la carretera

Se realizó de forma manual, con ayuda de palancas. El objetivo era poner las trozas al borde de la carretera para su posterior traslado al aserradero.

El procedimiento de acarreo, fue la de rodar las trozas cuesta abajo del Cerro Huamaní, cuya pendiente aproximada era 30°.

El peso promedio de cada troza era de 300 Kg por lo que se tomó las medidas de seguridad del caso.

Δ Carguío y transporte

El carguío se realizó de forma manual con ayuda de un tractor semiforestal. La tarea de transporte involucró 2(dos) viajes, y por motivos de tener una buena disposición para el transporte de las trozas, se tuvo cuidado de llevar las más pesadas en la parte inferior y las más livianas en la parte superior. Se deben tomar como medidas de seguridad, que la carga esté correctamente asegurada y que la velocidad de viaje sea tal que resguarde la vida de los pasajeros y transeúntes (Debido al peso que se transporta).

Δ Aserrado y cepillado

Se aserró las trozas según la disposición en que fueron ordenadas al ser transportadas y se tuvo en cuenta dos criterios:

- ✓ Primero, al aserrar se buscó eliminar la zona que contenía la madera juvenil⁴⁰, la cual no es apta para los ensayos y podría generar errores en los resultados.
- ✓ Segundo, teniendo en cuenta la protección de la madera frente a diferentes contingencias, se determinó como medida de aserrío para las viguetas, la dimensión de 4.5 cm x 14.5 cm x 360.0 cm. Las cuales podrían ser afinadas a las dimensiones definitivas en un aserradero local al momento de ser ensayadas.

La Norma 251.008⁴¹ define como vigueta:

⁴⁰ Madera juvenil: Es aquella que se desarrolla en el centro del árbol y posee muy baja resistencia.

⁴¹ INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.008:1980 MADERAS. Selección y colección de muestras. Pág. 2.

“es la parte seleccionada de la troza de sección suficiente a partir de la cual se preparan las probetas”.

Δ Codificado, protección y embalaje

Se realizó la codificación de las vigas, asignándoles un número de aserrío, el cual es el número de viga obtenida en forma correlativa, según como se iban aserrando las trozas y la cual está vinculada según registros al árbol y troza de procedencia. Por ejemplo:

La primera viga, obtenida del árbol R1 de la troza N°1, tendrá el código R111; la segunda viga obtenida del mismo árbol y de la misma troza tendrá el código R112, así sucesivamente.

La protección de las vigas se realizó de acuerdo a la Norma 251.009⁴², la cual establece los procedimientos para el acondicionamiento de las maderas a ser sometidas a ensayos, además también establece los requisitos generales para el tratamiento profiláctico del material contra hongos e insectos.

Se cubrieron los extremos de las vigas con pintura sintética para evitar grietas por el secado rápido.

Las vigas fueron protegidas del intemperismo y se les dispuso de manera ordenada cuidando que no estuvieran en contacto con el suelo, hasta su posterior traslado a Lima.

⁴² INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.009:1980 MADERAS. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos.

3.2.2 Disposición final y habilitación (Laboratorio Ensayo de Materiales – FIC UNI - Lima)

Δ Recepción y habilitación

La recepción de las muestras, consistió en ubicar las vigas de forma que estuvieran ordenadas y protegidas, de manera que se pueda realizar de manera óptima el habilitado.

La habilitación de las muestras, consistió en darles las dimensiones finales (4.0 cm X 14.0 cm X 360 cm), esta se realizó en las instalaciones de aserradero UNI.

Δ Protección y almacenamiento de la muestra

Protección, después del habilitado se procedió a proteger las vigas - con petróleo - contra el ataque de hongos e insectos. Procediéndose luego a la auditoria de los elementos a ensayar.

El almacenamiento, consistió en ubicar las vigas de forma que estuvieran ordenadas y protegidas del suelo.

3.3 CONSIDERACIONES PREVIAS AL ENSAYO

- ✓ Se verificó el estado de las maquinarias y herramientas del laboratorio.
- ✓ Se revisó las normas y documentos técnicos.
- ✓ Se realizó una reunión de coordinación con los asesores para los ensayos.

CAPITULO 4. NORMATIVIDAD

“No basta saber, se debe también aplicar. No es suficiente querer, se debe también hacer”, Johann Wolfgang Goethe.

Para la clasificación estructural de la especie forestal *Pinus radiata* D.Don, se utilizaron las Normas Técnicas Peruanas, pero se tomaron en cuenta de forma referencial, otras normas, como la norma ASTM, la norma UNE y la Norma Chilena Oficial.

4.1 NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL

4.1.1 Normas Técnicas Peruanas

Las Normas Técnicas Peruanas, nos dan las pautas o requisitos que deben cumplir los productos que están sujetos a ella, es así, que el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI en su página web (www.indecopi.gob.pe), las define como:

“Las Normas Técnicas Peruanas son estándares orientados a elevar la calidad de los productos o uniformizarla de acuerdo a las exigencias del mercado, facilitando así su acceso o permanencia en él. La calidad de un producto debe ser definida por cada fabricante, por eso las Normas Técnicas Peruanas constituyen estándares referenciales y no obligatorios.”

Las Normas Técnicas elaboradas por comités técnicos de normalización no deben confundirse con los Reglamentos Técnicos, que son normas jurídicas (obligatorias) a través de las cuales el Estado regula los requisitos mínimos que debe cumplir un producto.

Comité Técnico de Normalización de Madera

CTN050 - CTN de Madera y sus Derivados

Los Comités están integrados por representantes del sector producción, el sector académico y el sector consumo.

Su campo de aplicación del comité CTN050, se refiere al estudio de las Normas Técnicas Peruanas sobre terminología, clasificación, requisitos, métodos de ensayo, rotulado, muestreo e inspección de la madera y sus derivados.

4.1.2 Normas ASTM

Como lo indica su página institucional (www.astm.org):

“ASTM International es una de las organizaciones más grandes del mundo para el desarrollo voluntario de normas, una fuente confiable de normas técnicas para materiales, productos, sistemas, y servicios. Conocidas por su alta calidad técnica y relevancia en el mercado, las normas ASTM desempeñan un importante papel en la infraestructura de la información que orienta el diseño, la fabricación y el comercio en la economía mundial”.

4.1.3 Normas UNE

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), como lo indica en su página institucional (www.aenor.es):

“es una entidad dedicada al desarrollo de la normalización y la certificación (N+C) en todos los sectores industriales y de servicios. Tiene como propósito contribuir a mejorar la calidad y la competitividad de las empresas, así como proteger el medio ambiente”.

“En la estructura de AENOR existen unos órganos técnicos, denominados Comités Técnicos de Normalización (AEN/CTN), que estudian y plantean las necesidades de cada sector y elaboran y aprueban los proyectos de normas que posteriormente se publican como normas UNE”.

4.1.4 Norma Chilena Oficial

En Chile el Instituto Nacional de Normalización es el que se encarga de elaborar la NORMA CHILENA OFICIAL y de forma muy similar a la Norma

Técnica Peruana, no es de carácter obligatorio, pero brinda información importante que contribuye a mejorar la calidad y la competitividad. Se puede encontrar más información en la página web institucional del Instituto Nacional de Normalización (www.inn.cl).

4.2 NORMAS PARA MADERA UTILIZADAS PARA LA CLASIFICACIÓN

4.2.1 Selección, colección y acondicionamiento de muestras

- Δ Selección y colección de muestras (Norma NTP 251.008), acondicionamiento de las maderas destinadas a los Ensayos Físicos y Mecánicos (Norma NTP 251.009).

Para la etapa de selección y recolección de muestras se ha procedido según lo que reglamenta la NTP 251.008 y para la etapa del acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos, según lo que reglamenta la NTP 251.009, se indica además, otras normas importantes, las que se muestran en la tabla N°4-01.

Tabla N° 4-01.- Normas relacionadas a la colección, selección de muestras y acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos.

Norma	Descripción
NORMA TECNICA PERUANA NTP 251.008	MADERAS. Selección y colección de muestras.
NORMA TECNICA PERUANA NTP 251.009	MADERAS. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos.
NORMA CHILENA OFICIAL NCh968.Of86	Madera – Selección, obtención y acondicionamiento de muestras y probetas para la determinación de propiedades físicas y mecánicas.
NORMA CHILENA OFICIAL NCh969.Of86	Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Condiciones generales para los ensayos.

Fuente: *Elaboración Propia*

4.2.2 Propiedades físicas y mecánicas

Δ Propiedades físicas

Contenido de humedad

Método para determinar el contenido de humedad - NORMA NTP 251.010

Para determinar el contenido de humedad se ha procedido según lo que reglamenta la NTP 251.010 y se indica además, otras normas importantes, las que se muestran en la tabla N°4-02.

Tabla N° 4-02.- Normas relacionadas al ensayo de contenido de humedad.

Norma	Descripción
NORMA TECNICA PERUANA NTP 251.010	MADERA. Método para determinar el contenido de humedad.
NORMA ASTM D4442	Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials.
NORMA CHILENA OFICIAL Nch176/1.Of84	Madera – Parte1: Determinación de humedad.
UNE-EN 13183-1:2002	Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 1: Determinación por el método de secado en estufa.
UNE-EN 13183-2:2002	Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 2: Estimación por el método de la resistencia eléctrica.

Fuente: *Elaboración Propia*

Densidad

Método para determinar la densidad - NORMA NTP 251.011

Para determinar la densidad se ha procedido según lo que reglamenta la NTP 251.011 y se indica además, otras normas importantes, las que se muestran en la tabla N°4-03.

Tabla N° 4-03.- Normas relacionadas al ensayo de densidad maderas.

Norma	Descripción
NORMA TECNICA PERUANA NTP 251.011	MADERAS. Método de determinación de la densidad.
NORMA ASTM D2395	Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials.
NORMA CHILENA OFICIAL Nch176/2.Of86 Modificada en 1988	Madera – Parte2: Determinación de la densidad.

Fuente: Elaboración Propia

Δ **Propiedades mecánicas**

Flexión en probetas libres de defectos (5.0 cm x 5.0 cm x 70 cm)

Procedimiento para determinar el ensayo de flexión estática - NORMA NTP 251.017

Para el ensayo a flexión en probetas libres de defecto, se ha procedido según lo que reglamenta la NTP 251.017 y se indica además, otras normas importantes, las que se muestran en la tabla N°4-04.

Tabla N° 4-04.- Normas relacionadas al ensayo de flexión estática.

Norma	Descripción
NORMA TECNICA PERUANA NTP 251.017	MADERAS. Método para determinar la flexión estática.
NORMA CHILENA OFICIAL NCh987.0f86	Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de flexión estática.
UNE 56537:1979	Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática.

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo a flexión en vigas a escala natural - NORMA NTP 251.107

Para el ensayo a flexión en vigas a escala natural, se ha procedido según lo que reglamenta la NTP 251.107 y se indica además, otras normas importantes, las que se muestran en la tabla N°4-05.

Tabla N° 4-05.- Normas relacionadas al ensayo de flexión en vigas a escala natural.

Norma	Descripción
NORMA TECNICA PERUANA NTP 251.107	MADERA ASERRADA. Madera aserrada para uso estructural. Método de ensayo de flexión para vigas a escala natural.
NORMA ASTM D198	Standard Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes.
NORMA CHILENA OFICIAL NCh2149.0f89	Madera – Madera aserrada – Determinación del módulo de elasticidad en flexión – Método de ensayo no destructivo.
UNE-EN 408:2004	Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 5. FUNDAMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

“Hay dos maneras de difundir la luz... ser la lámpara que la emite, o el espejo que la refleja”, Lin Yutang.

5.1 PROPIEDADES FÍSICAS

Los ensayos realizados para determinar las propiedades físicas de la especie forestal *Pinus radiata* fueron:

- ✓ Contenido de Humedad.
- ✓ Densidad Básica.

5.1.1 Contenido de Humedad

Método para determinar el contenido de humedad - NORMA NTP
251.010:2004

Para determinar el contenido de Humedad se ha procedido según lo que reglamenta la NTP 251.010⁴³.

El cálculo se realiza mediante la extracción de 2 probetas, al promedio del contenido de humedad de las dos probetas, se le indica como el contenido de humedad de la viga.

El agua en la madera se puede hallar como: agua libre, agua higroscópica y agua de constitución, esto da lugar a que la madera se clasifique según la cantidad de agua que contenga en:

Estado	Descripción
Verde	Pérdida de parte del agua libre.
Seco	Pérdida total agua libre y parte del agua higroscópica.
Anhidro	Pérdida total agua libre y agua higroscópica

Fuente: PADT-REFORT⁴⁴. Elaboración: Propia

Una vez seca la madera tenderá a buscar un equilibrio, González Flores⁴⁵ explica que la madera al ser un material poroso y al encontrarse en interacción con el medio en que se encuentra alcanza un equilibrio higroscópico (la madera no gana ni pierde humedad)

Tabla N° 5-01.- Equilibrio higroscópico de los principales centros madereros y lugares de comercialización de la madera en el Perú

Zona o Lugar	Temperatura Media anual (°C)	Humedad relativa media anual (%)	Equilibrio Higroscópico de la Madera (% Humedad)
Iquitos	26.7	80	16.8
Pucallpa	27.6	75	15.5
Tingo María	25.0	76	15.2
Lima	19.0	75	15.0
Trujillo	20.5	81	17.0
Arequipa	16.4	55	10.6
Cuzco	11.8	64	11.8
Selva Central	21.6	75	14.6
La Molina	23.2	75	14.5

Fuente: Centro de Investigación Forestal de la UNA – La Molina. Lima – Perú.

Fuente: González Flores⁴⁶

▷

⁴³ INDECOPI, NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.010:2004 MADERA. Método para determinar el contenido de humedad.

⁴⁴ Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT, Manual de diseño para maderas del grupo andino.

⁴⁵ González Flores, Raúl. **Secado de la madera.**

⁴⁶ González Flores, Raúl. **Secado de la madera**, Pág. 29.

Se deben tener ciertas consideraciones al momento seleccionar las probetas y calcular el contenido de humedad, las cuales se explican a continuación.

Δ Preparación de las probetas

El criterio más importante que debemos tomar en cuenta para seleccionar la zona de extracción de la probeta para determinar el contenido de humedad la proporciona la NTP 251.017:2004⁴⁷ en donde se indica:

"Inmediatamente después del ensayo de cada probeta, de la parte no agrietada y cerca de la zona donde ocurre la falla se corta una probeta de 2.00 cm de largo. Se determina el contenido de humedad de la probeta, según lo establecido en la NTP 251.010"

La NTP 251.010⁴⁸ en su inciso 6.11 dicta

"Siempre que una norma particular para un tipo de madera no lo especifique, las probetas serán de una sección transversal completa y no menor de 25 mm a lo largo del grano; pero en todos los casos el volumen de la probeta será 33cm³ como mínimo"

González Flores⁴⁹, indica que se debe tener cuidado de no utilizar los extremos de la viga, porque estas muestras nos darían valores no representativos de humedad, ya que los extremos tienden a secar de forma diferente que el centro, en el proceso de secado se percibe que los extremos

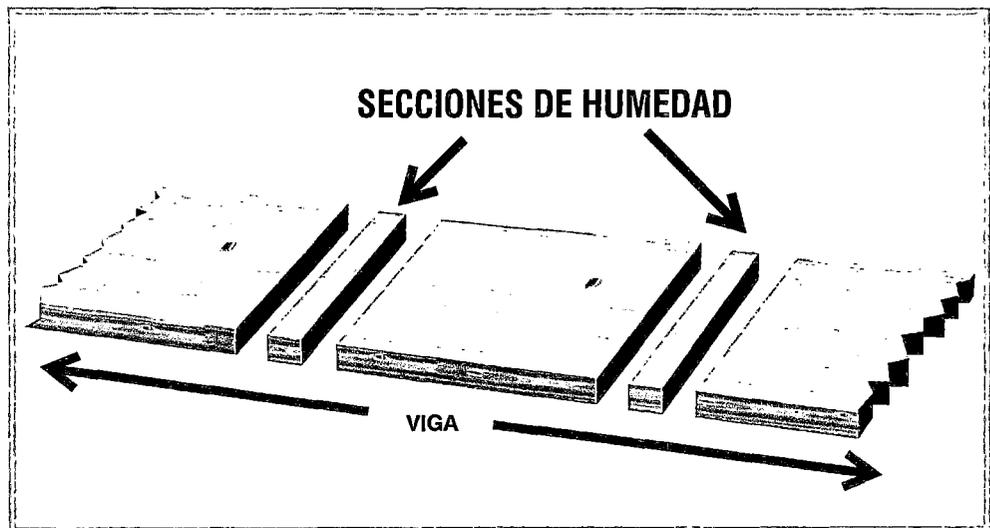
⁴⁷ INDECOPI, NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.017:2004 MADERA. Método para determinar la flexión estática. Pág 5.

⁴⁸ INDECOPI, NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.010:2004 MADERA. Método para determinar el contenido de humedad, Pág. 3.

⁴⁹ González Flores, Raúl. Secado de la madera.

son los primeros en secar. Podemos ver en el gráfico N°5-01 la posición recomendada por dicho autor.

Gráfico N° 5-01.-Secciones de humedad



Fuente: Raúl González Flores⁵⁰

Δ Equipos y herramientas

- ✓ Horno con regulador de temperatura automático.
- ✓ Balanza electrónica 1,000 g. capacidad sensible décimas g.
- ✓ Cámara fotográfica, reloj, formato toma de datos, implementos de seguridad (guantes)

⁵⁰ González Flores, Raúl. **Secado de la madera.**

Δ Procedimiento

1. Se pesa el testigo extraído del elemento viga o elemento probeta.
2. Se procede a colocar el testigo en el horno, se toma la hora en que se procede a realizar el ensayo.
3. Después de 24 horas, se procede a extraer el testigo del horno y se pesa, se procede a volver a colocar el testigo al horno y después de una hora se verifica el peso, si es constante, entonces ya está en el peso anhidro, si hubiera variación se tendría que colocar de nuevo en el horno y repetir el proceso hasta obtener el peso constante.
4. Se toma medida del tiempo tomado para el secado y se calcula el contenido de humedad, con la siguiente fórmula:

$$C.H = \frac{(P_{Humedo} - P_{Anhidro}) \times 100}{P_{Anhidro}} \dots (\%)$$

Es importante recalcar que se necesita protección personal, ya que la madera al estar en proceso de secado, al extraerlo sin protección podría ocasionar quemaduras.

Δ Formato para ensayo de contenido de humedad

El formato para el ensayo contenido de humedad, ha sido elaborado de forma tal que se pueda tener los datos mínimos requeridos, además nos permite contar con una herramienta para el control del proceso de ensayo.

Datos del Ensayo, debe constar el lugar ensayo, por quien fue realizado, la fecha y hora, la procedencia de la muestra (viga, probeta, etc.), el tiempo de secado es importante y se da hasta que la muestra no tenga variaciones de peso. Por lo general el tiempo mínimo en horno es 20 horas.

Datos Horno, se debe consignar los datos del horno, así como la temperatura de secado y las variaciones de temperatura que se den, es importante recordar que al ser un material orgánico podría quemarse por lo que se recomienda que el secado sea a una temperatura de 103 ± 2 °C.

Datos Balanza, se debe consignar los datos de la balanza, unidad de medida y nivel de precisión, es importante recalcar que se debe tener la balanza calibrada antes de iniciar el ensayo, ya que pequeñas variaciones para el tamaño de la muestra son significativas pudiendo dar valores de humedad erróneos.

Si se va a realizar el ensayo de contenido de humedad en maderas coníferas se debe tener cuidado en no tomar como muestra una probeta que tenga nudos o partes de nudos, ya que este nudo genera valores erróneos de humedad. Para el ensayo las muestras deben estar libres de defectos (áreas sanas).

Tabla N° 5-02.- Formato ensayo contenido de humedad

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
Datos del Ensayo			Datos Horno	
Lugar Ensayo			Marca	
Realizado Por			Temperatura Secado	
Fecha y Hora Ensayo			Unidad y Precisión	
Procedencia Muestra			Datos Balanza	
Tiempo de Secado			Marca	
Temperatura ambiente			Unidad y Precisión	
N°	Espécimen	Peso Húmedo (gr)	Peso Anhidro (gr)	Contenido de Humedad (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Observaciones :				
$C.H = \frac{(P_{Humedo} - P_{Anhidro}) \times 100}{P_{Anhidro}} \dots (\%)$				

5.1.2 Densidad

Método para determinar la densidad - NORMA NTP 251.011:2004

Para determinar la densidad se ha procedido según lo que reglamenta la NTP 251.011⁵¹ en la cual se presentan cuatro (04) casos:

- ✓ Determinación de la densidad de maderas saturadas
- ✓ Determinación de la densidad en estado seco al aire
- ✓ Determinación de la densidad en estado anhidro
- ✓ Densidad básica.

Para la presente tesis se determinó utilizar la densidad básica por los motivos que se expresan más adelante.

La densidad es la relación que existe entre la masa y el volumen de un cuerpo, esta tiene una influencia directa en la resistencia mecánica de la madera y en las probetas libres de defectos se puede esperar que la resistencia sea directamente proporcional a la densidad, no siendo necesariamente así en las vigas a escala natural por múltiples factores como presencia de nudos, dirección de la fibra, pre esfuerzos, etc.

La junta del acuerdo de Cartagena explica que se pueden distinguir cuatro densidades para una misma muestra (tabla N°5-03).

Tabla N° 5-03.- Asignación de nombre a la densidad

MASA	VOLUMEN	NOMBRE QUE TOMA LA DENSIDAD
Peso Verde	Volumen Verde	Densidad Verde
Peso seca al aire	Volumen seco al aire	Densidad Seca al Aire
Peso seco al horno	Volumen seco al horno	Densidad Anhidra
Peso seco al horno	Volumen Verde	Densidad Básica

Fuente: Junta del Acuerdo de Cartagena⁵²

⁵¹ INDECOPI.- NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.011:2004 MADERA. Método para determinar la densidad.

⁵² Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT, Manual de diseño para maderas del grupo andino, Página 1-19.

Además indica que de las cuatro densidades la menor es la densidad básica y expresa literalmente⁵³:

“La densidad básica es la que se usa con ventaja ya que las condiciones en las que se basa (peso seco al horno y volumen verde) son estables en una especie determinada”.

Δ Preparación de las probetas

Siguiendo las recomendaciones de la norma, las probetas son prismas rectos de 3.00 cm x 3.00 cm de sección transversal y 10.00 cm de longitud (no es restrictivo). Para la realización de este ensayo se extrajo 2 probetas de cada viga ensayada, la habilitación de las probetas se realizó en la carpintería de la UNI.

La cantidad de probetas por viga extraídas, debe ser tal, que nos proporcione una densidad representativa del elemento, por lo que se recomienda que sea mínimo 2 para obtener un promedio, pero se puede ensayar más, Camacho⁵⁴ en su tesis, para la determinación de la densidad básica utilizó el promedio de 3 probetas por viga.

Δ Equipos y herramientas

- ✓ Horno.
- ✓ Balanza electrónica 1,000 g capacidad sensible décimas g.
- ✓ Pipeta graduada mínimo 1000 cm³.
- ✓ Recipiente (contenedor para testigos con agua para saturación)
- ✓ Cámara fotográfica, reloj, formato toma de datos, implementos de seguridad (guantes)

⁵³ Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT, *Manuel de diseño para maderas del grupo andino*, Página 1-19.

⁵⁴ Camacho Castillo, Sixto. *“Incorporación de la especie maderable Quinilla Colorada (Manilkara Bidentada) para uso estructural”*.

Δ Procedimiento

1. Se pesa el testigo extraído del elemento viga o elemento probeta.
2. Se procede a sumergir los testigos en el recipiente con agua, por un tiempo mínimo de 3 semanas hasta que alcancen un peso constante.
3. Se regula con agua la pipeta (500 cm³).
4. Se extrae el testigo del agua y se seca superficialmente.
5. Se coloca dentro de la pipeta el testigo y con ayuda de una barra muy delgada se sumerge completamente.
6. Se registra cuanto se ha desplazado el volumen de agua.
7. La diferencia de volumen será el volumen saturado del testigo extraído.
8. Se procede a colocar el testigo en el horno, se toma la hora en que se procede a realizar el ensayo.
9. Después de 20 horas, se extrae el testigo del horno y se pesa, se procede a volver a colocar el testigo al horno y después de una hora se verifica el peso, si es constante, entonces ya está en el peso anhidro, si hubiera variación se tendría que colocar de nuevo en el horno y repetir el proceso hasta obtener el peso constante.
10. Se procede a calcular la densidad Básica, con la siguiente fórmula:

$$D.B = \frac{\text{PesoAnhidro}}{V_{\text{Ini+Muest}} - V_{\text{Ini}}} \dots \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

Δ Formato para ensayo de densidad básica

El formato para el ensayo densidad básica, ha sido elaborado de forma tal que se pueda tener los datos mínimos requeridos, además nos permite contar con una herramienta para el control del proceso de ensayo.

Datos del Ensayo, debe constar el lugar ensayo, por quién fue realizado, la fecha y hora, la procedencia de la muestra (viga, probeta, etc.), el tiempo de secado y el tiempo de saturación. El tiempo de saturación es importante y depende de la especie a ser estudiada, por lo general el tiempo mínimo prudencial de saturación es de 2 semanas, para lo cual se habilita una fuente que pueda almacenar las probetas y estas puedan estar sumergidas en agua, como todo material orgánico se debe tener en cuenta de ir cambiando el agua para evitar emposamiento y pudrición.

Datos Pipeta, se debe consignar la graduación, así como la capacidad de la pipeta, se debe tener cuidado de que la muestra quede totalmente sumergida, para esto uno se ayuda de un alambre para empujar la muestra, una persona puede realizar este procedimiento, pero es mejor si se cuenta con un apoyo, así uno puede tomar las medidas del volumen desplazado con más facilidad.

Datos Horno, se debe consignar los datos del horno, así como la temperatura de secado y las variaciones de temperatura que se den, es importante recordar que al ser un material orgánico podría quemarse por lo que se recomienda que el secado sea a una temperatura de 103 ± 2 °C.

Datos Balanza, se debe consignar los datos de la balanza, unidad de medida y nivel de precisión, es importante recalcar que se tiene que tener la balanza calibrada antes de iniciar el ensayo, ya que pequeñas variaciones para el tamaño de la muestra son significativas pudiendo dar valores de humedad erróneos.

Tabla N° 5-04.- Formato ensayo densidad básica

ENSAYO DE DENSIDAD BÁSICA					
Datos del Ensayo			Datos Horno		
Lugar Ensayo			Marca		
Realizado Por			Temperatura secado		
Fecha y Hora Ensayo			Unid. Precisión		
Procedencia Muestra			Datos Balanza		
Tiempo de Secado			Marca		
Temperatura ambiente			Unid. Precisión		
N°	Especimen	Volumen Inicial (cm ³)	Volumen Inicial + Muestra (cm ³)	Peso Anhidro (gr)	Densidad Básica (%)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
Observaciones :					
$D.B = \frac{\text{Peso Anhidro}}{V_{\text{Ini+Muest}} - V_{\text{Ini}}} \dots \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$					

5.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

5.2.1 Ensayo a flexión en probetas libres de defectos

Para el ensayo a flexión en probetas libres de defecto, se seleccionó de la troza número uno (la primera desde la base) de cada árbol, desde los cuales se extrajo un listón por árbol de dimensión 3" x 3" x 12 pies (Foto N°5-01), para después habilitarlo a las dimensiones finales de ensayo.

Foto N° 5-01.- Listones



- △ Procedimiento para determinar el ensayo de flexión estática - norma NTP 251.017

Habilitación de las probetas.

La habilitación de las muestras, consistió en darles las dimensiones indicadas de 5.00 cm x 5.00 cm x 75.00 cm, y además orientar las piezas con los

anillos de crecimiento según un eje paralelo a una de las caras de la sección y la verificación de las ausencias de defectos. En el prehabilitado ya se había tenido en cuenta la orientación de la probeta, motivo por el cual fue más fácil culminar esta tarea en la carpintería de la UNI, lugar donde se realizó todos los ajustes finales de dimensiones y luego ya terminada la habilitación se trasladó al laboratorio de ensayos de materiales.

Tamaño de las probetas

Las dimensiones finales de las probetas fueron de 5.0 cm x 5.0 cm de sección con 75.0 cm de longitud. Ver Foto N°5-02.

Foto N° 5-02.- Probetas 5.0 cm x 5.0 cm x 75.0 cm



Fuente: Colección propia

La tabla N°5-05 muestra las medidas reales y características geométricas de las probetas libres de defectos.

Número de probetas

El número de probetas ensayadas son: 30 probetas

Tabla N° 5-05.- Características geométricas probetas libres de defectos.

Código probeta	Base (b) (cm)	Peralte (h) (cm)	Luz libre (L) (cm)	Área (A) (cm ²)	Inercia (I) (cm ⁴)
R-01	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-02	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-03	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-04	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-05	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-06	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-07	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-08	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-09	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-10	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-11	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-12	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-13	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-14	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-15	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-16	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-17	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-18	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-19	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-20	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-21	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-22	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-23	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-24	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-25	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-26	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-27	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-28	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-29	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-30	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08

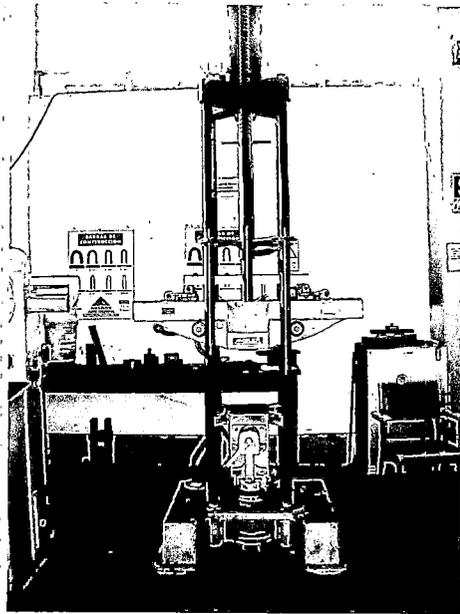
Fuente: Elaboración propia (Todas las medidas han sido obtenidas directamente antes del ensayo)

Equipo utilizado

Para el presente ensayo se usó:

Máquina Universal marca AMSLER, se compone de dos partes: la primera parte de control y segunda parte de ensayo con todos sus accesorios, la capacidad de la máquina es de 5,000 Kg. ver Foto N°5-03.

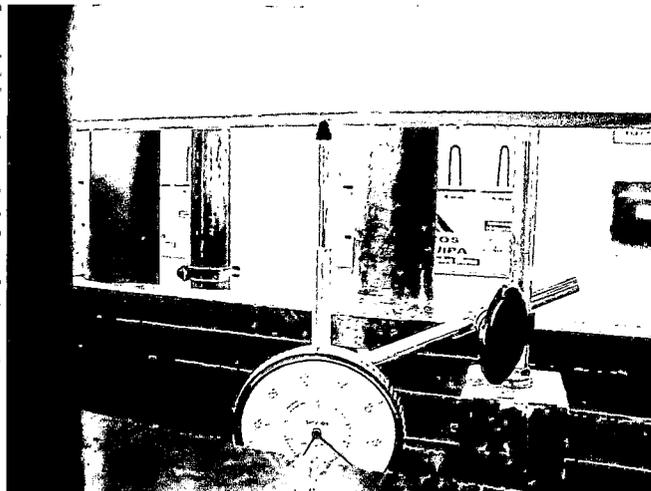
Foto N° 5-03.- Máquina Universal AMSLER



Fuente: colección propia.

Deformímetro, se recomienda utilizar un deformímetro de extensión en lugar que el de compresión, ya que al ser un ensayo destructivo podría dañar el equipo de medición si no se tiene las adecuadas consideraciones. Foto N°5-04.

Foto N° 5-04.- Deformímetro.



Fuente: Colección propia.

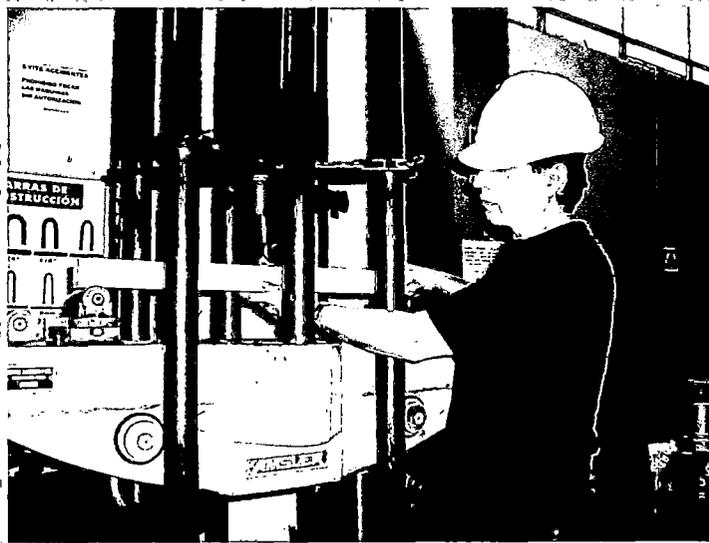
Además se utilizó: pie de rey, cámara fotográfica, reloj, formato toma de datos, implementos de seguridad (guantes, anteojos y orejeras)

Procedimiento

1. Se verifica que la luz entre apoyos sea 70.00 cm.
2. Se coloca la probeta centrándola en el equipo de carga. Ver Foto N°5
3. Se verifica la identificación de la probeta y se anota sus dimensiones. Ver Foto N°6.
4. Se coloca el deformímetro a $L/2$ de la probeta.
5. Se inicia la carga de la máquina de ensayo.
6. El incremento de carga es a velocidad constante de 2.5 mm/minuto.
7. Se toman lecturas al deformímetro a intervalos regulares de incrementos de carga, estos intervalos de lectura dependerán de la carga promedio de rotura del espécimen, para la especie ensayada las lecturas se hicieron cada 50kg (50, 100, 150, hasta la rotura)

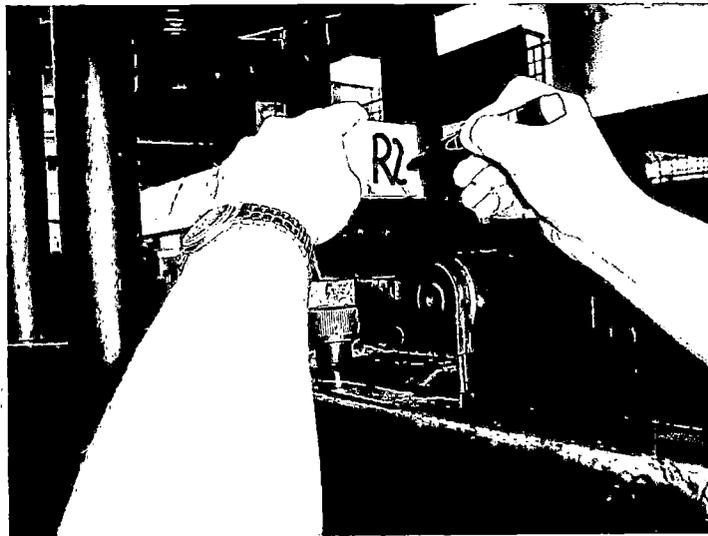
Al terminar el ensayo se procede a habilitar dos muestras de 3.00 cm x 3.00 cm x 10.00 cm para encontrar el contenido de humedad con el que fue ensayada la probeta.

Foto N° 5-05.- Colocación probeta.



Fuente: Colección propia.

Foto N° 5-06.- Identificación probeta



Fuente: Colección propia.

Formato para ensayo a flexión en probetas libres de defectos

El formato para el ensayo a flexión en probetas libres de defectos, ha sido elaborado de forma tal que se pueda tener los datos mínimos requeridos, además nos permite contar con una herramienta para el control del proceso de ensayo. Para la toma de datos para carga vs. deformación se debe tener en cuenta las mismas consideraciones sobre la escala a utilizar que en el ensayo a flexión en vigas a escala natural.

Datos del Ensayo, debe constar el lugar ensayo, por quién fue realizado, el personal técnico que apoyó en la realización del mismo, la fecha y la hora a la que fue realizado el ensayo, también es importante el tiempo de duración del ensayo, ya que nos permite evaluar si la velocidad del mismo fue la adecuada.

Características Geométricas probeta, se considera que las variaciones sobre la longitud total (75 cm) y la sección del elemento ensayado (5 x 5 cm) son despreciables, ya para esas dimensiones es difícil que no sean casi precisas las dimensiones dadas en la habilitación final por parte de carpintería.

Deformímetro, es necesario contar con la marca, las unidades de medida del deformímetro y la precisión, además es recomendable utilizar un deformímetro de extensión antes que uno de compresión, ya que el segundo puede correr peligro de daño si es que no se libera antes del momento de rotura.

Contenido de Humedad, una vez realizado el ensayo se deben extraer las probetas para obtener el contenido de humedad, por lo cual es importante

definir el número de probetas y la codificación a utilizarse para su posterior correlación con este.

Tipo de Falla, es importante definir el tipo de falla si es que fue a compresión o por rotura, además se debe consignar la carga para la cual sucedió la rotura.

Si se contara con un medidor electrónico de contenido de humedad, se podría utilizar como control y se adjuntaría ese dato en observaciones.

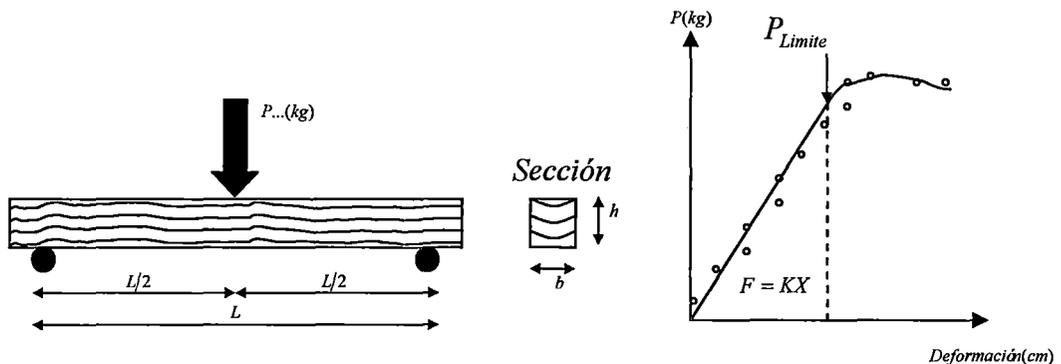
Tabla N° 5-06.- Formato ensayo de flexión en probetas libres de defectos

ENSAYO DE FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS			
Datos del Ensayo		Características Geométricas Probeta	
Lugar Ensayo		Longitud mm	
Realizado Por		Sección mm	
Técnico de Apoyo		Datos Deformímetro	
Fecha y Hora Ensayo		Marca	
Código de la Viga		Lectura en	
Duración del Ensayo		Precisión	
Datos para el Contenido de Humedad			
Número de Probetas		Codificación	
N°	Carga (Kg)	L/2 (mm)	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
Observaciones :		Falla	
		Tipo de Falla	
		Carga Rotura	

Δ Procedimiento de cálculo

Esfuerzo al límite proporcional (ELP)

Es el esfuerzo máximo producido debido a una carga aplicada hasta el límite de proporcionalidad en el cual el material sufre deformaciones sin que sean permanentes.



A partir de las expresiones deducidas del análisis estructural de una viga simplemente apoyada con carga concentrada a $L/2$, encontraremos la expresión para calcular el esfuerzo al límite proporcional del material, este cálculo es bajo el efecto de flexión.

Reemplazamos el módulo resistente

$$\sigma_{Limite} = ELP = \frac{M_{Limite}}{Z} = \frac{6M_{Limite}}{bh^2}$$

Además conocemos

$$M_{Limite} = \frac{P_{Limite}L}{4} \dots (kg - cm)$$

Entonces reemplazando obtenemos

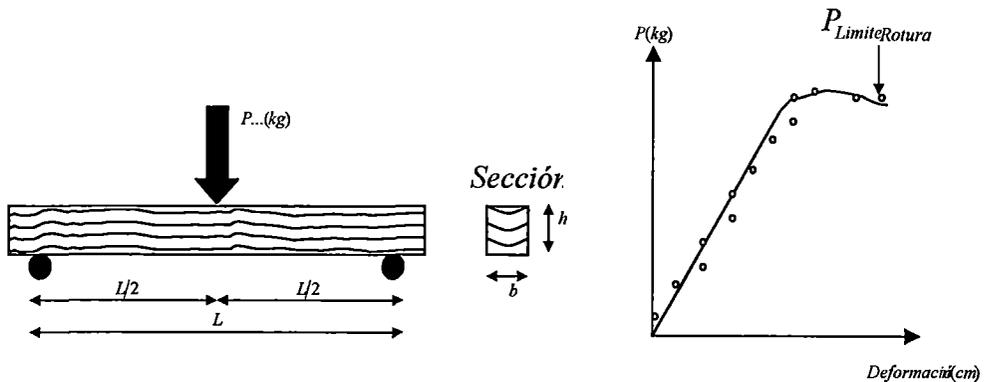
$$\sigma_{Limite} = ELP = \frac{3P_{Limite}L}{2bh^2} \dots \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Donde:

ELP	=	esfuerzo al límite proporcional	(kg/cm ²)
Z	=	módulo resistente de la sección	(cm ³)
P_{Limite}	=	carga al límite proporcional aplicada a $L/2$	(kg)
L	=	luz entre apoyos	(cm)
b	=	ancho de la probeta	(cm)
h	=	peralte de la probeta	(cm)

Módulo de rotura (MOR)

Es el esfuerzo máximo producido debido a una carga aplicada hasta el límite de rotura.



A partir de las expresiones deducidas del análisis estructural de una viga simplemente apoyada con carga concentrada a L/2, encontraremos la expresión para calcular el Módulo de Rotura del material, este cálculo es bajo el efecto de flexión.

$$\sigma_{Max} = MOR = \frac{M}{Z}$$

Reemplazamos el módulo resistente

$$\sigma_{Max} = MOR = \frac{6M}{bh^2}$$

Además conocemos

$$M = \frac{PL}{4} \dots (\text{kg} - \text{cm})$$

Entonces reemplazando obtenemos

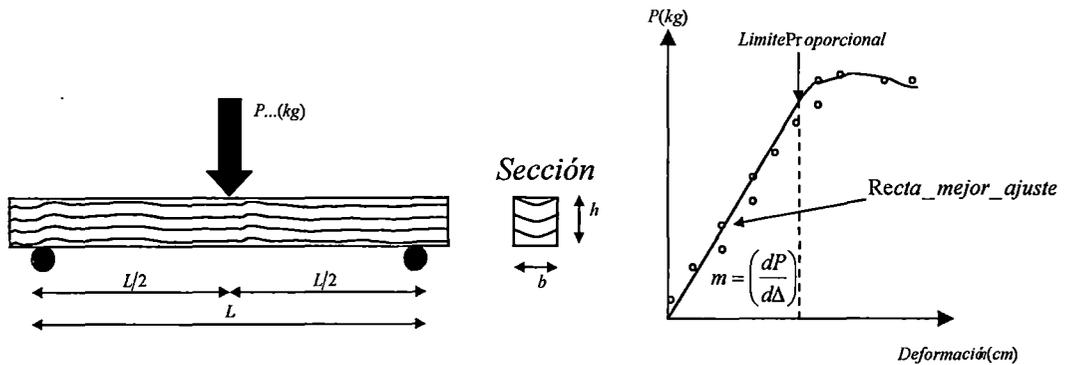
$$\sigma_{max} = MOR = \frac{3PL}{2bh^2} \dots \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Donde:

MOR	=	módulo de Rotura	(kg/cm ²)
P	=	carga máxima de rotura aplicada a L/2	(kg)
Z	=	módulo resistente de la sección	(cm ³)
L	=	luz entre apoyos	(cm)
b	=	ancho de la probeta	(cm)
h	=	peralte de la probeta	(cm)

Módulo de elasticidad (MOE)

A partir de las expresiones deducidas del análisis estructural de una viga simplemente apoyada con carga concentrada en el centro de luz, encontraremos la expresión para calcular el módulo de elasticidad del material.



La expresión para encontrar la deformación máxima en el centro de la probeta es:

$$\Delta = \frac{PL^3}{48EI} \dots (cm)$$

Reordenando convenientemente la expresión obtenemos:

$$E = \frac{L^3}{48I} \left(\frac{P}{\Delta}\right) \dots \left(\frac{kg}{cm^2}\right) \quad \text{También} \quad E = \frac{L^3}{48I} \left(\frac{dP}{d\Delta}\right) \dots \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Si reemplazamos la inercia por sus respectivos componentes obtenemos:

$$E = \frac{L^3}{4bh^3} \left(\frac{P}{\Delta}\right) \dots \left(\frac{kg}{cm^2}\right) \quad \text{También} \quad E = \frac{L^3}{4bh^3} \left(\frac{dP}{d\Delta}\right) \dots \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Donde:

E	=	módulo de elasticidad	(kg/cm ²)
P	=	carga al límite proporcional aplicada a L/2	(kg)
I	=	inercia	(cm ⁴)
L	=	luz entre apoyos	(cm)
b	=	ancho de la viga	(cm)
h	=	peralte de la viga	(cm)
\$\Delta\$	=	deformación a L/2	(cm)
\$\frac{dP}{d\Delta}\$	=	pendiente de la curva Carga vs. Deformación en el rango elástico	(kg/cm)

5.2.2 Ensayo a flexión en vigas a escala natural

Para el ensayo a flexión en vigas a escala natural, se seleccionó de manera aleatoria, las vigas provenientes de diferentes trozas de los 6 árboles extraídos en la etapa de recolección.

Δ Procedimiento para determinar el ensayo de flexión en vigas a escala natural - norma NTP 251.107

El ensayo fue realizado siguiendo las recomendaciones de la norma NTP 251.107.

Habilitación de las vigas.

La habilitación consistió en darles las dimensiones finales de ensayo a las vigas, las cuales fueron de 4.00 cm x 14.00 cm x 360.00 cm., esta tarea se realizó en la carpintería de la UNI, donde luego de terminada la habilitación se trasladó al laboratorio de ensayos de materiales para su posterior ensayo.

Tamaño de las vigas

Las dimensiones finales de las vigas a escala natural fueron de 4.00 cm x 14.00 cm de sección con 360.00 cm de longitud.

La tabla N° 5.07 muestra las medidas reales y características geométricas de las vigas ensayadas.

Número de vigas a escala natural

El número de vigas a escala natural ensayadas fueron 30.

Tabla N° 5-07.- Características geométricas vigas a escala natural.

Probeta N°	Ancho a (cm)	Peralte h (cm)	Luz libre L (cm)	Área A (cm ²)	Inercia I (cm ⁴)
R241	4,01	14,00	300,00	56,14	916,95
R533	4,00	14,01	300,00	56,04	916,63
R341	4,00	13,99	300,00	55,96	912,71
R413	3,98	14,00	300,00	55,72	910,09
R411	4,01	14,01	300,00	56,18	918,92
R111	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R210	3,99	14,00	300,00	55,86	912,38
R618	4,00	14,01	300,00	56,04	916,63
R626	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R622	3,98	14,00	300,00	55,72	910,09
R633	4,00	13,99	300,00	55,96	912,71
R431	4,01	14,00	300,00	56,14	916,95
R217	3,99	14,00	300,00	55,86	912,38
R312	3,99	13,98	300,00	55,78	908,48
R528	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R531	3,98	14,01	300,00	55,76	912,04
R523	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R226	4,01	14,00	300,00	56,14	916,95
R152	4,00	13,99	300,00	55,96	912,71
R617	4,01	14,00	300,00	56,14	916,95
R218	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R231	3,99	13,99	300,00	55,82	910,43
R122	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R512	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R216	3,98	14,01	300,00	55,76	912,04
R321	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R415	4,01	14,00	300,00	56,14	916,95
R529	4,00	13,98	300,00	55,92	910,75
R215	3,99	14,00	300,00	55,86	912,38
R131	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67

Fuente: Elaboración propia (Todas las medidas han sido obtenidas directamente antes del ensayo)

Equipo utilizado

Para el presente ensayo se usó:

- ✓ Máquina Universal marca AMSLER, se compone de dos partes: la primera parte de control y segunda parte de ensayo con todos sus accesorios, la capacidad de la máquina es de 10,000 Kg. ver gráfico N°3.
- ✓ Deformímetro, se recomienda utilizar un deformímetro de extensión en lugar que el de compresión, ya que al ser un ensayo destructivo podría dañar el equipo de medición si no se tiene las adecuadas consideraciones.
- ✓ Pie de rey, wincha, cámara fotográfica, reloj, formato toma de datos, implementos de seguridad (guantes, anteojos y orejeras)

Procedimiento

1. Se verifica que cumpla con las normas de clasificación visual de la norma y se anota cualquier observación.
2. En caso de coníferas se hace una auditoría de los nudos de la viga.
3. Se registra la longitud de la viga, se hace mediciones de las secciones de la viga a $L/3$, $L/2$ y $2 L/3$ y se obtiene un promedio, la cual será considerada para el cálculo como la sección de la viga.
4. Se procede a colocar la viga en la máquina de ensayo
5. Se toma un registro fotográfico de la viga a ensayar
6. Se coloca los deformímetros en las posiciones $L/3$, $L/2$ y $2 L/3$.
7. Se procede a cargar la viga.
8. Se toma medidas de las deformaciones a intervalos de carga definidos por el investigador, en nuestro caso cada 10 Kg., se debe también recalcar si es que se tuviera una máquina automatizada que haga estas mediciones, el intervalo de medición sería continuo y muy representativo.
9. Se procede a retirar los deformímetros antes del momento de colapso de la viga.
10. Se registra carga de rotura y el tipo de falla. En caso de que no se realizara tal rotura se tomará como dato la medida de recuperación de la viga a $L/2$.
11. Se toma medida del tiempo de duración del ensayo.
12. Se retira la viga ensayada y se demarca el área y se extrae las probetas para encontrar el contenido de humedad en el que se realizó el ensayo, también se extrae las muestras para encontrar la densidad básica.

Es importante recalcar que se necesita protección personal, ya que la madera al estar en un ensayo destructivo podría ocasionar daños, ejemplo: astillamiento.

Formato para ensayo a flexión en vigas a escala natural

El formato para el ensayo a flexión en vigas a escala natural, ha sido elaborado de forma tal que se pueda tener los datos mínimos requeridos, además nos permite contar con una herramienta para el control del proceso de ensayo.

Para la toma de datos para carga vs. deformación se debe tener en cuenta el tipo de madera que se está investigando, si es que se presume que es de tipo A, B o C porque de ello dependerá la escala a elegir para definir los intervalos de carga a los cuales se tomarán los datos, ejemplo: si es una madera que se presume del tipo A, es muy probable que la viga resista cargas entre los 1500 kg a 2500 Kg , entonces para nosotros una escala adecuada sería tomar medidas cada 50 kg, pero en el caso de maderas con menor resistencia, esa medida no sería adecuada. Por ejemplo en una especie cuya resistencia promedio sea de 400 Kg entonces tomaríamos como promedio solo 8 puntos y no sería muy representativo, en cambio si tomamos una escala diferente (cada 25 Kg) encontraríamos que nos permitiría obtener una mejor apreciación del ensayo, definiendo mejor las diferentes etapas por las que atraviesa el material.

Datos del Ensayo, debe constar el lugar ensayo, por quién fue realizado, el personal técnico que apoyo en la realización del mismo, la fecha y la hora a la que fue realizado el ensayo, también es importante el tiempo de duración del ensayo, ya que nos permite evaluar si la velocidad del mismo fue la adecuada.

Características Geométricas Viga, es importante contar con la longitud y la sección del elemento ensayado, pero para esto tomamos la media de las secciones $L/3$, $L/2$ y $2L/3$ que son los puntos de aplicación de la carga y el punto de máxima deflexión.

Deformímetro, es necesario contar con la marca, las unidades de medida del deformímetro y la precisión, además es recomendable utilizar un deformímetro de extensión antes que uno de compresión, ya que el segundo puede correr peligro de daño si es que no se libera antes del momento de rotura.

También existen deformímetros que toman medidas con láser y nos ofrecen un mayor rango de precisión, pero lo más importante que hay que tomar en consideración y que es lo que nos interesa, es la deformación en la etapa elástica y eso ocurre en la primera etapa del ensayo, por lo que las mediciones en esta etapa deben ser más rigurosas.

Contenido de Humedad, una vez realizado el ensayo se deben extraer las probetas para obtener el contenido de humedad, por lo cual es importante definir el número de probetas y la codificación a utilizarse para su posterior correlación con este.

Tipo de Falla, es importante definir el tipo de falla si es que fue a compresión o por rotura, además se debe consignar la carga a la que sucedió la rotura.

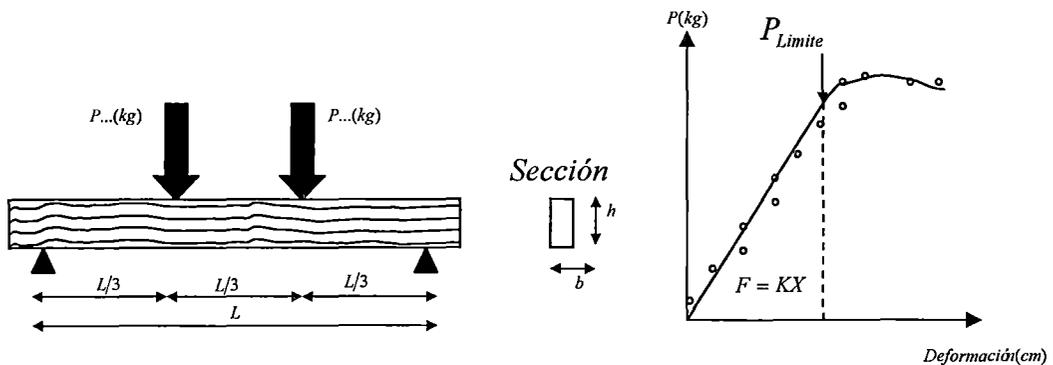
Tabla Nº 5-08.- Formato ensayo de flexión en vigas a escala natural

ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL				
Datos del Ensayo		Características Geométricas Viga		
Lugar Ensayo		Longitud (mm)		
Realizado Por		Sección a L/3 (mm)		
Técnico de Apoyo		Sección a L/2 (mm)		
Fecha y Hora Ensayo		Sección a 2L/3 (mm)		
Código de la Viga		Promedio (mm)		
Duración del Ensayo		Datos Deformímetro		
Datos para el Contenido de Humedad		Marca		
Número de Probetas		Lectura en		
Codificación		Precisión		
Nº	Carga (Kg)	L/3 (mm)	L/2 (mm)	2L/3 (mm)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
Observaciones :		Falla		
		Tipo de Falla		
		Carga de Rotura		

Δ Procedimiento de cálculo

Esfuerzo al límite proporcional (ELP)

Es el esfuerzo máximo producido debido a una carga aplicada hasta el límite de proporcionalidad en el cual el material sufre deformaciones sin que sean permanentes.



A partir de las expresiones deducidas del análisis estructural de una viga simplemente apoyada con cargas concentradas a $L/3$ y $2L/3$, encontraremos la expresión para calcular el esfuerzo al límite proporcional del material, este cálculo es bajo el efecto de flexión.

$$\sigma_{Limite} = ELP = \frac{M_{Limite}}{Z} = \frac{6M_{Limite}}{bh^2}$$

Además conocemos

$$M_{Limite} = \frac{P_{Limite}L}{3} \dots (\text{kg} - \text{cm})$$

Entonces reemplazando obtenemos

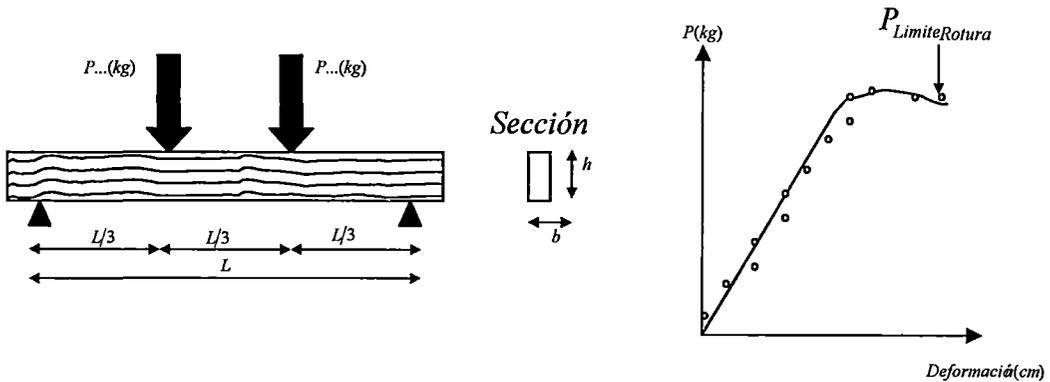
$$\sigma_{Limite} = ELP = \frac{2P_{Limite}L}{bh^2} \dots \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Donde:

ELP	=	Esfuerzo al Límite Proporcional	(kg/cm ²)
Z	=	módulo resistente de la sección	(cm ³)
PLimite	=	carga al límite proporcional aplicada a los tercios	(kg)
L	=	luz entre apoyos	(cm)
b	=	ancho de la viga	(cm)
h	=	peralte de la viga	(cm)

Módulo de rotura (MOR)

Es el esfuerzo máximo producido debido a una carga aplicada hasta el límite de rotura.



A partir de las expresiones deducidas del análisis estructural de una viga simplemente apoyada con cargas concentradas a $L/3$ y a $2L/3$, encontraremos la expresión para calcular el Módulo de Rotura del material, este cálculo es bajo el efecto de flexión.

$$\sigma_{Max} = MOR = \frac{M}{Z} = \frac{6M}{bh^2}$$

Además conocemos

$$M = \frac{PL}{3} \dots (kg - cm)$$

Entonces reemplazando obtenemos

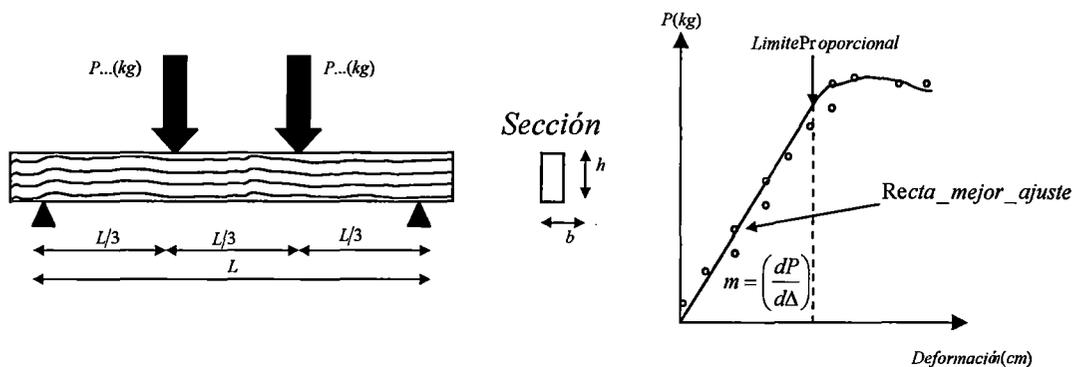
$$\sigma_{max} = MOR = \frac{2PL}{bh^2} \dots \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Donde:

MOR	=	Módulo de Rotura	(kg/cm ²)
P	=	carga máxima de rotura aplicada a L/2	(kg)
Z	=	módulo resistente de la sección	(cm ³)
L	=	luz entre apoyos	(cm)
b	=	ancho de la viga	(cm)
h	=	peralte de la viga	(cm)

Módulo de elasticidad aparente (MOE)

A partir de las expresiones deducidas del análisis estructural de una viga simplemente apoyada con cargas concentradas a $L/3$ y $2L/3$ de luz, encontraremos la expresión para calcular el módulo de elasticidad aparente del material, ya que en la deformación del elemento se presentan dos componentes, uno por flexión y el otro por corte, en este cálculo solamente estamos considerando el efecto por flexión.



La expresión para la deformación máxima en el centro de la viga es:

$$\Delta = \frac{23PL^3}{648EI} \dots (cm)$$

Reordenando convenientemente la expresión obtenemos:

$$E = \frac{23L^3}{648I} \left(\frac{P}{\Delta}\right) \dots \left(\frac{kg}{cm^2}\right) \quad \text{También} \quad E = \frac{23L^3}{648I} \left(\frac{dP}{d\Delta}\right) \dots \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Si reemplazamos la inercia por sus componentes obtenemos:

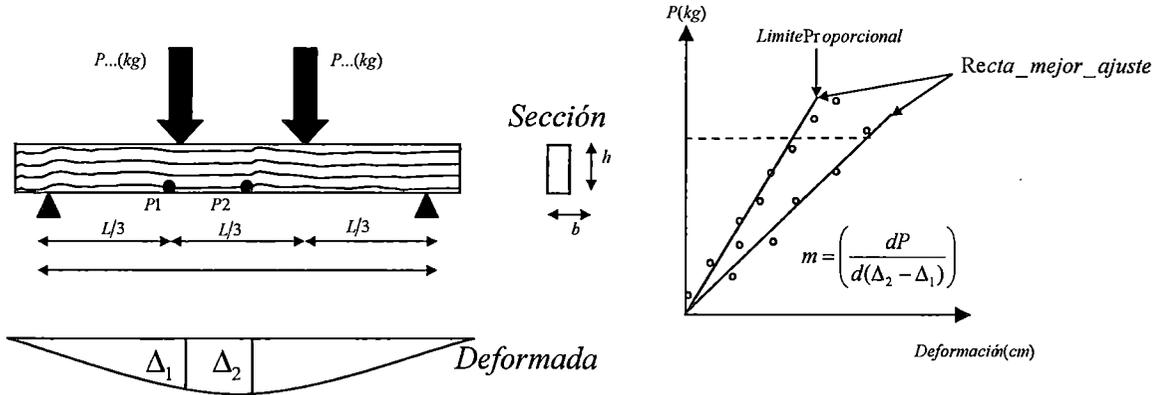
$$E = \frac{23L^3}{54bh^3} \left(\frac{P}{\Delta}\right) \dots \left(\frac{kg}{cm^2}\right) \quad \text{También} \quad E = \frac{23L^3}{54bh^3} \left(\frac{dP}{d\Delta}\right) \dots \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Donde:

E	=	Módulo de Elasticidad Aparente	(kg/cm ²)
P	=	carga aplicada a $L/3$ y $2L/3$	(kg)
I	=	inercia	(cm ⁴)
L	=	luz entre apoyos	(cm)
b	=	ancho de la viga	(cm)
h	=	peralte de la viga	(cm)
Δ	=	deformación a $L/3$	(cm)
$\frac{dP}{d\Delta}$	=	pendiente de la curva Carga vs. Deformación en el rango elástico	(kg/cm)

Módulo de elasticidad (MOE)

A partir de las expresiones deducidas del análisis estructural de una viga simplemente apoyada con cargas concentradas a L/3 y 2L/3 de luz, encontraremos la expresión para calcular el módulo de elasticidad del material, en este cálculo sólo se incluye el efecto por flexión, y se determina hallando las deformaciones a L/2 y L/3.



Siendo las expresiones para las deformaciones al tercio y en el centro de luz respectivamente:

$$\Delta_1 = \frac{20PL^3}{648EI} + \frac{1PL}{3GA_s} \quad ; \quad \Delta_2 = \frac{23PL^3}{648EI} + \frac{1PL}{3GA_s}$$

$$\Delta_2 - \Delta_1 = \frac{23PL^3}{648EI} - \frac{20PL^3}{648EI} = \frac{3PL^3}{648EI} = \frac{PL^3}{216EI}$$

Reordenando convenientemente

$$E = \frac{L^3}{216I} \left(\frac{P}{\Delta_2 - \Delta_1} \right) \dots \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \quad \text{También} \quad E = \frac{L^3}{18bh^3} \left(\frac{P}{\Delta_2 - \Delta_1} \right) \dots \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Donde:

E	=	Módulo de Elasticidad Aparente	(kg/cm ²)
P	=	carga aplicada a L/3 y 2L/3	(kg)
I	=	inerencia	(cm ⁴)
L	=	luz entre apoyos	(cm)
b	=	ancho de la viga	(cm)
h	=	peralte de la viga	(cm)
Δ ₁	=	deformación a L/3	(cm)
Δ ₂	=	deformación a L/2	(cm)
$\frac{dP}{d\Delta}$	=	Pendiente de la curva Carga vs. Deformación	(kg/cm)

5.3 DETERMINACIÓN DE CURVA CARGA DEFORMACIÓN POR AJUSTE POR MÍNIMOS CUADRADOS

Para poder realizar el cálculo del módulo de Elasticidad (MOE) de la especie *Pinus radiata* D. Don se necesita conocer la pendiente (de la recta de regresión lineal) de la gráfica Carga-Deformación, para lo cual se debe tener cuidado de tomar los puntos que se encuentran en la zona elástica de la curva.

Se puede encontrar trabajos de tesis como la de Villanueva⁵⁵ y Camacho⁵⁶ que consideran suficiente tomar los primeros cinco o seis puntos de la gráfica curva deformación (rango elástico del material), pero esto es relativo, ya que depende del criterio del observador, un criterio más acertado, podría basarse en la correlación lineal que hay entre los puntos de la gráfica que observamos.

5.3.1 Correlación

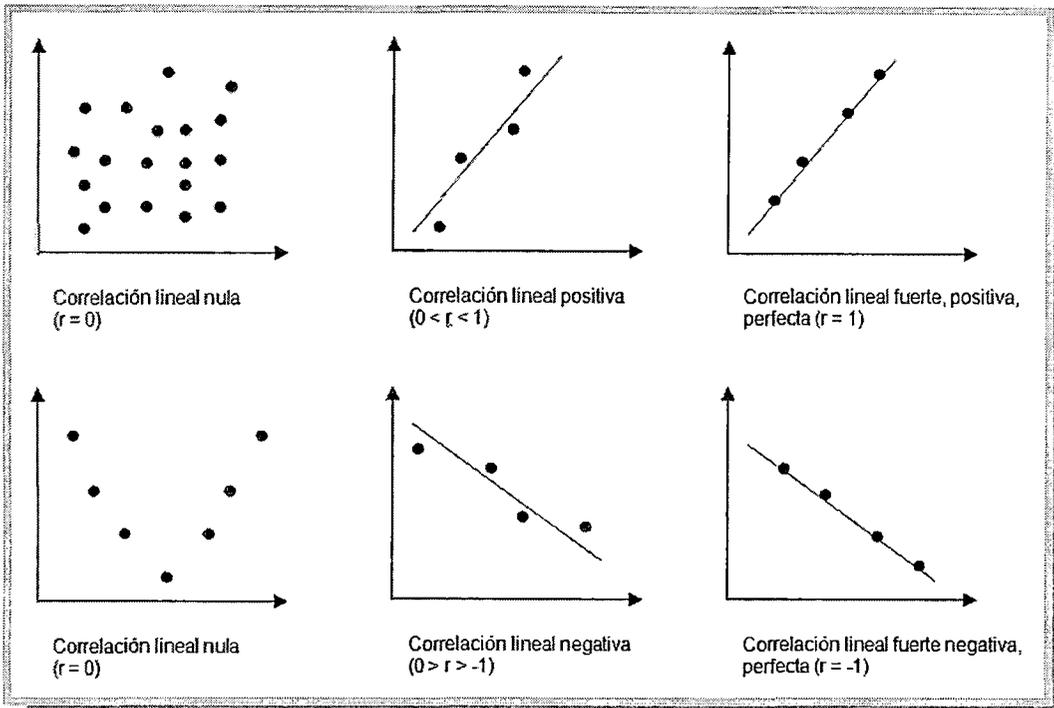
Se puede encontrar abundante literatura sobre la idea de correlación y se entiende como la dependencia estadística de dos variables, la cual, puede ser fuerte (positiva o negativa) cuando el coeficiente de correlación r se aproxime a 1 o -1, o baja cuando el valor de r se acerca a cero.

Así el gráfico N° 5-02 Tipos de correlación lineal, muestra de una forma más clara la idea.

⁵⁵ Villanueva Peña, Víctor. *Clasificación estructural de la madera "Cachimbo" Cariniana Domesticata*. Página 68.

⁵⁶ Camacho Castillo, Sixto. *Incorporación de la especie maderable Quinilla Colorada (Manilkara Bidentada) para uso estructural*. Página 60.

Gráfico N° 5-02.-Tipos de correlación lineal



5.3.2 Coeficiente de correlación (r)

Existen diferentes coeficientes que miden el grado de correlación, los cuales pueden ser utilizados de preferencia tomando en cuenta la naturaleza de los datos a procesar. En el caso de la recta de regresión lineal se utilizará el coeficiente de correlación lineal de Pearson, el cual puede ser encontrado, según Córdoba⁵⁷, con la siguiente expresión:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

Donde:

S_{xy} Covarianza de x e y
 S_x Desviación estándar de x
 S_y Desviación estándar de y

⁵⁷ Córdoba Zamora, Manuel. Estadística Descriptiva e inferencial. Páginas 89,90 y 385

De la cual se deduce la siguiente expresión, que será utilizada para efectos de cálculo:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

Explica Moya⁵⁸ que el valor del coeficiente de correlación r varía entre $[-1, 1]$ y además que $r_{(x, y)}$ es igual a $r_{(y, x)}$, como nuestro modelo, pertenece a un ensayo cuyo material (en el tramo estudiado) se encuentra en el rango elástico, entonces la correlación tendrá que ser muy buena y cercana a la unidad (fuerte y positiva), podemos mencionar entonces la norma española UNE-EN-408⁵⁹ la cual indica que se debe tomar un tramo de la gráfica donde obtengamos por lo menos un coeficiente de correlación igual o superior a $r=0.99$,

“con la condición que esta parte del gráfico incluya al menos el tramo comprendido entre $0,2 F_{m\acute{a}x}$ y $0,3 F_{m\acute{a}x}$ ”

La norma técnica peruana no indica cual debe ser el coeficiente de correlación a aceptarse, pero en base a la cantidad de ensayos, características del equipo, del sistema de medición de carga y deformación, se consideró como válido, tomar tramos que contenían un coeficiente de correlación igual o superior a $r=0.9$.

5.3.3 Coeficiente de determinación

El coeficiente de determinación, puede ser calculado elevando al cuadrado el coeficiente de correlación (su valor está comprendido entre $[0, 1]$), y según Mendehall⁶⁰ se puede interpretar de forma práctica como:

⁵⁸ Moya C. Rufino y Saravia A. Gregorio. Probabilidad e Inferencia Estadística.

⁵⁹ AENOR, Norma española UNE-EN-408, Estructura de madera, madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural, determinación de algunas propiedades físicas. Página 12.

⁶⁰ Mendehall, William - Sincich, Terry. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, Página 569.

“Aproximadamente 100 (r^2) % de la suma total de los cuadrados de las desviaciones de los valores y de la muestra respecto de su media \hat{y} se puede explicar por (o atribuirse a) el empleo de x para predecir y con el modelo de la línea recta”

5.3.4 Recta de regresión lineal

Al realizar los ensayos de flexión a la viga simplemente apoyada, obtenemos, m pares de valores (x_i, y_i) , donde las y_i son las cargas aplicadas y las x_i las deformaciones dadas para las cargas aplicadas, estos puntos guardan una relación lineal (en el rango elástico), por lo que se considera factible obtener la recta de regresión lineal ($y = \alpha + \beta x$).

El método utilizado, fue el de mínimos cuadrados, que consiste en minimizar la magnitud del residuo, y que para el conjunto matricial puede formularse, según Scaletti⁶¹, como la solución del sistema de ecuaciones normales:

$$A^T A x = A^T b$$

Entonces para, la solución del sistema propuesto tenemos los m pares de elementos x e y .

$$Ax = b$$

$$\begin{pmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ 1 & x_3 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_m \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_m \end{pmatrix}$$

Se procede a multiplicar por la matriz transpuesta de A

⁶¹ Scaletti Fariña, Hugo. Apuntes de clase “Métodos numéricos aplicados a ingeniería”

$$A^T A = \begin{Bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_m \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} m & \sum_{i=1}^m x_i \\ \sum_{i=1}^m x_i & \sum_{i=1}^m x_i^2 \end{bmatrix}$$

$$A^T b = \begin{Bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_m \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_m \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m y_i \\ \sum_{i=1}^m x_i y_i \end{bmatrix}$$

$$A^T A x = A^T b$$

Reemplazando:

$$\begin{bmatrix} m & \sum_{i=1}^m x_i \\ \sum_{i=1}^m x_i & \sum_{i=1}^m x_i^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha \\ \beta \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m y_i \\ \sum_{i=1}^m x_i y_i \end{bmatrix}$$

Utilizando el método de Gauss-Jordán obtenemos:

$$\begin{bmatrix} m & \sum_{i=1}^m x_i \\ 0 & \sum_{i=1}^m x_i^2 - \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{m} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha \\ \beta \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m y_i \\ \sum_{i=1}^m x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^m x_i \sum_{i=1}^m y_i}{m} \end{bmatrix}$$

Procedemos a despejar el valor de beta

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^m x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^m x_i \sum_{i=1}^m y_i}{m}}{\sum_{i=1}^m x_i^2 - \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{m}}$$

Multiplicando y dividiendo por m convenientemente nos permite obtener:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^m x_i y_i - m \left(\frac{\sum_{i=1}^m x_i}{m} \frac{\sum_{i=1}^m y_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^m x_i^2 - m \left(\frac{\sum_{i=1}^m x_i}{m} \right)^2}$$

Finalmente se obtiene:

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^m x_i y_i - m \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^m x_i^2 - m \bar{x}^2}; \quad \alpha = \bar{y} - \beta \bar{x}$$

Otra manera de obtener los valores de la pendiente y el intercepto de la recta de regresión lineal, así como el número de correlación para los puntos obtenidos del ensayo, es utilizando las herramientas de cálculo del programa Excel de Microsoft.

Para nuestro procesamiento utilizaremos cuatro funciones:

- ✓ **COEF.DE.CORREL** (valores de carga y, valores de deformación x):
Esta función nos permite calcular el coeficiente de correlación Pearson de un conjunto de datos.

- ✓ **COEFICIENTE.R2** (valores de carga y; valores de deformación x): Esta función da como resultado el cuadrado del coeficiente de correlación de un conjunto de datos.
- ✓ **PENDIENTE** (valores de carga y; valores de deformación x): Esta función nos devuelve la pendiente de la recta de regresión lineal obtenida para la gráfica carga deformación.
- ✓ **INTERSECCION.EJE** (valores de carga y; valores de deformación x): Esta función presenta como resultado el punto en el que se interceptará la recta de regresión lineal con el eje y.

Como ejemplo aplicativo se procesaron los datos de la viga R231, por los dos métodos, pero claro está, se utilizó para el procesamiento de los datos totales las funciones del Excel, ya que esta tecnología nos proporciona ahorro de tiempo y ahorro de energía de procesamiento.

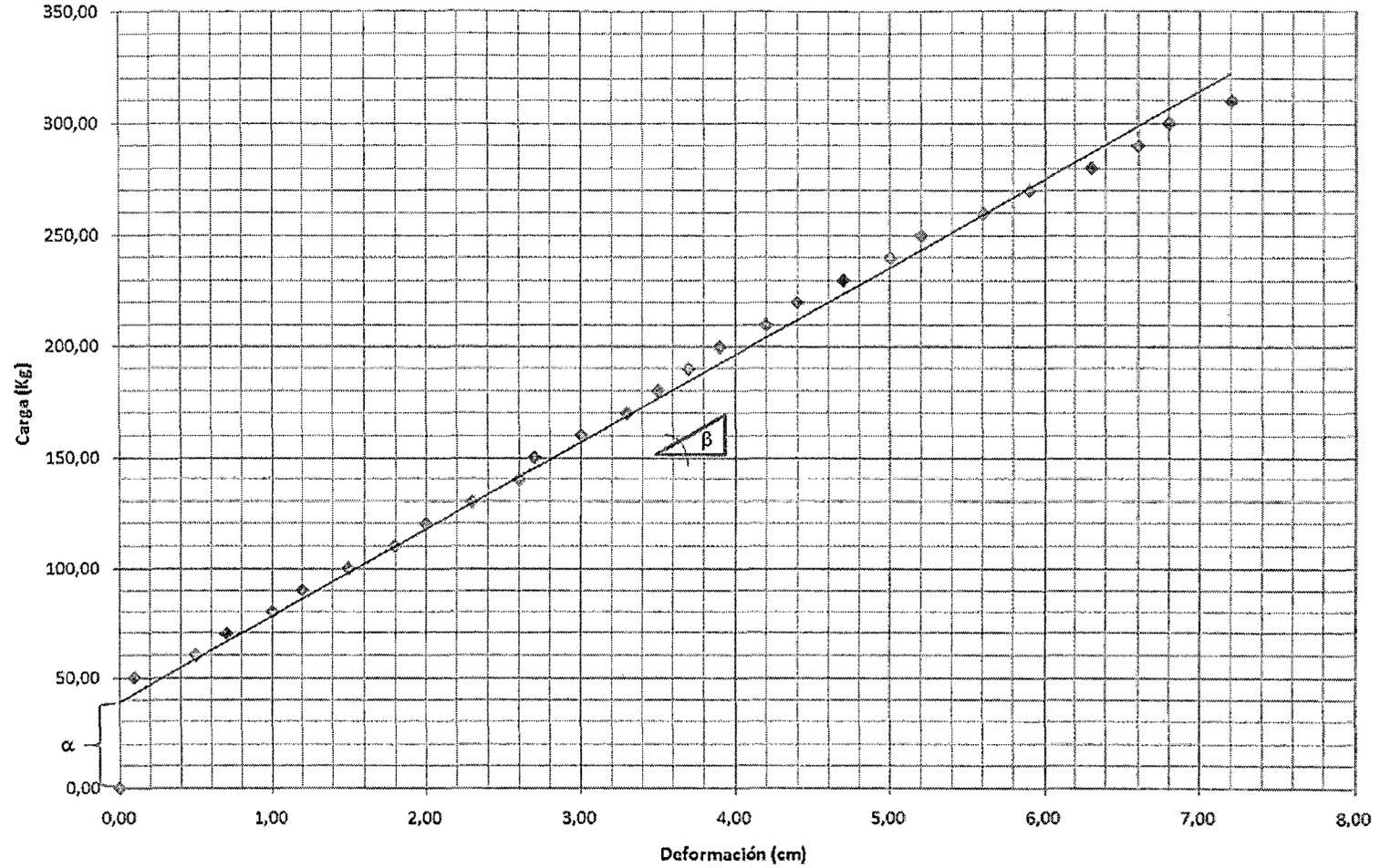
	A	B	C	D	E	F	G
3		Número de puntos	Carga (Kg)	Deformación a L/3 (cm)	Cuadro de elementos		
4		m	y	x	xy	x	y
5		1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6		2	50,00	0,10	5,00	0,00	2 500,00
7		3	60,00	0,50	30,00	0,30	3 600,00
8		4	70,00	0,70	49,00	0,50	4 900,00
9		5	80,00	1,00	80,00	1,00	6 400,00
10		6	90,00	1,20	108,00	1,40	8 100,00
11		7	100,00	1,50	150,00	2,30	10 000,00
12		8	110,00	1,80	198,00	3,20	12 100,00
13		9	120,00	2,00	240,00	4,00	14 400,00
14		10	130,00	2,30	299,00	5,30	16 900,00
15		11	140,00	2,60	364,00	6,80	19 600,00
16		12	150,00	2,70	405,00	7,30	22 500,00
17		13	160,00	3,00	480,00	9,00	25 600,00
18		14	170,00	3,30	561,00	10,90	28 900,00
19		15	180,00	3,50	630,00	12,30	32 400,00
20		16	190,00	3,70	703,00	13,70	36 100,00
21		17	200,00	3,90	780,00	15,20	40 000,00
22		18	210,00	4,20	882,00	17,60	44 100,00
23		19	220,00	4,40	968,00	19,40	48 400,00
24		20	230,00	4,70	1 081,00	22,10	52 900,00
25		21	240,00	5,00	1 200,00	25,00	57 600,00
26		22	250,00	5,20	1 300,00	27,00	62 500,00
27		23	260,00	5,60	1 456,00	31,40	67 600,00
28		24	270,00	5,90	1 593,00	34,80	72 900,00
29		25	280,00	6,30	1 764,00	39,70	78 400,00
30		26	290,00	6,60	1 914,00	43,60	84 100,00
31		27	300,00	6,80	2 040,00	46,20	90 000,00
32		28	310,00	7,20	2 232,00	51,80	96 100,00
33		m	Σy	Σx	Σxy	Σx	Σy
...		28	4 860,00	95,70	21 512,00	451,80	1 038 600,00

Finalmente se obtiene:

		Utilizando MS Excel:	Fórmulas:
β	=	39,34	=PENDIENTE(C5:C32,D5:D32)
α	=	39,13	=INTERSECCION.EJE(C5:C32,D5:D32)
r	=	0,99	=COEF.DE.CORREL(C5:C32,D5:D32)
r^2	=	0,99	=COEFICIENTE.R2(C5:C32,D5:D32)

		Utilizando fórmulas:	Fórmulas:
β	=	39,34	$\beta = \frac{\sum_{i=1}^m x_i y_i - m \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^m x_i^2 - m \bar{x}^2} ; \alpha = \bar{y} - \beta \bar{x}$ $r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$
α	=	39,13	
r	=	0,99	
r^2	=	0,99	

Gráfico N° 5-03.-Gráfica carga vs. deformación



5.4 CORRECCIÓN DE LOS ENSAYOS A CONÍFERAS POR CONTENIDO DE HUMEDAD

El procedimiento recomienda que los ensayos a coníferas sean realizados al 15% del contenido de humedad, pero cuando esto no sea posible se debe ajustar los datos utilizando el procedimiento descrito en el anexo A1 de la Norma ASTM D1990, Evans⁶².

El procedimiento para que el esfuerzo P_1 al contenido de humedad M_1 pueda ser convertido a un esfuerzo equivalente P_2 al contenido de humedad $M_2=15\%$. Se muestra a continuación:

Para $MOR^{63} \leq 2\,415\text{ lb/in}^2$ ó $169,80\text{ Kg/cm}^2$

$$P_2 = P_1$$

Para $MOR > 2\,415\text{ lb/in}^2$ ó $169,80\text{ Kg/cm}^2$

$$P_2 = P_1 + [(P_1 - B_1)/(B_2 - M_1)](M_1 - M_2)$$

Para el MOE

$$P_2 = P_1 [(B_1 - (B_2 M_2))/(B_1 - (B_2 M_1))]$$

Donde:

P_1	es el esfuerzo para el contenido de humedad M_1	(lb/in ² para el MOR y x10 ⁶ lb/in ² para el MOE)
P_2	es el esfuerzo para el contenido de humedad M_2	(lb/in ² para el MOR y x10 ⁶ lb/in ² para el MOE)
M_1	es el contenido de humedad para el ensayo 1	(%)
M_2	es el contenido de humedad para el ensayo 2	(%)

⁶² Evans, James W. - Kretschmann, David E. - Herian, Victoria L. - Green, David W. *Procedures for Developing Allowable Properties for a Single Species Under ASTM D1990 and Computer Programs Useful for the Calculations*, Página 9.

⁶³ 1 Kg/cm² ≈ 14,223 lb/in²

Además se debe considerar:

$B_1 = 2\,415$ para MOR

$B_1 = 1\,857$ para el MOE

$B_2 = 40$ para el MOR

$B_2 = 0,0237$ para el MOE

Estos ajustes se pueden realizar siempre y cuando el contenido de humedad de las vigas ensayadas se encuentre entre el **10% y el 23%**.

En países vecinos que trabajan con madera *Pinus radiata* D.Don, la ensayan en dos condiciones:

- ✓ En estado verde ($CH \geq 30\%$ contenido de humedad) y
- ✓ En estado seco ($CH = 12\%$ contenido de humedad)

Así lo explica el centro de transferencia tecnológica⁶⁴.

⁶⁴ Centro de Transferencia tecnológica Pino Radiata, presentación CCT – Unidad de Educación, **Compendio de directrices para enseñanza de Ingeniería.**

CAPITULO 6. ANÁLISIS Y RESULTADOS

| *“No basta saber, se debe también aplicar. No es suficiente querer, se debe también hacer”, Johann Wolfgang Goethe.*

Los resultados de los ensayos físicos y mecánicos de la especie forestal *Pinus radiata* D.Don, su análisis y procesamiento se ven reflejados en las tablas expuestas en el presente capítulo.

6.1 ENSAYOS FÍSICOS

6.1.1 Contenido de humedad

Tabla N° 6-01.- Contenido de humedad de las vigas ensayadas a escala natural.

VIGA N°	MUESTRA N°	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO HUMEDAD (%)	HUMEDAD PROMEDIO (%)
R241	M1	49.50	41.50	19.28	19.16
	M2	50.00	42.00	19.05	
R533	M1	50.50	42.00	20.24	20.36
	M2	50.00	41.50	20.48	
R341	M1	51.00	42.00	21.43	20.71
	M2	51.00	42.50	20.00	
R413	M1	48.50	40.00	21.25	21.12
	M2	49.00	40.50	20.99	
R411	M1	47.50	40.50	17.28	17.39
	M2	47.00	40.00	17.50	
R111	M1	50.00	41.50	20.48	20.36
	M2	50.50	42.00	20.24	
R210	M1	53.50	45.00	18.89	19.00
	M2	53.00	44.50	19.10	
R618	M1	49.00	40.00	22.50	22.36
	M2	49.50	40.50	22.22	
R626	M1	50.50	40.50	24.69	23.93
	M2	50.50	41.00	23.17	
R622	M1	46.50	37.50	24.00	23.84
	M2	47.00	38.00	23.68	
R633	M1	46.50	38.50	20.78	20.92
	M2	46.00	38.00	21.05	
R431	M1	51.50	43.00	19.77	19.88
	M2	51.00	42.50	20.00	
R217	M1	49.00	40.50	20.99	21.12
	M2	48.50	40.00	21.25	
R312	M1	46.50	38.00	22.37	22.22
	M2	47.00	38.50	22.08	
R528	M1	48.50	39.50	22.78	22.93
	M2	48.00	39.00	23.08	
R531	M1	52.00	43.50	19.54	19.65
	M2	51.50	43.00	19.77	
R523	M1	49.00	40.50	20.99	20.86
	M2	49.50	41.00	20.73	
R226	M1	51.50	44.00	17.05	17.14
	M2	51.00	43.50	17.24	

VIGA N°	MUESTRA N°	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO HUMEDAD (%)	HUMEDAD PROMEDIO (%)
R152	M1	51.50	42.50	21.18	21.30
	M2	51.00	42.00	21.43	
R617	M1	49.00	41.00	19.51	19.63
	M2	48.50	40.50	19.75	
R218	M1	48.50	40.50	19.75	19.63
	M2	49.00	41.00	19.51	
R231	M1	49.50	41.00	20.73	20.73
	M2	49.50	41.00	20.73	
R122	M1	50.00	42.50	17.65	17.86
	M2	49.00	41.50	18.07	
R512	M1	50.50	43.50	16.09	16.00
	M2	51.00	44.00	15.91	
R216	M1	49.50	41.00	20.73	20.61
	M2	50.00	41.50	20.48	
R321	M1	49.00	41.50	18.07	18.18
	M2	48.50	41.00	18.29	
R415	M1	50.50	41.50	21.69	21.69
	M2	50.50	41.50	21.69	
R529	M1	45.00	37.00	21.62	21.92
	M2	44.00	36.00	22.22	
R215	M1	50.50	42.00	20.24	20.48
	M2	49.50	41.00	20.73	
R131	M1	47.00	39.00	20.51	20.38
	M2	47.50	39.50	20.25	
PROMEDIO					20.38
DES. ESTANDAR					1.86
COEF. VARIACIÓN					9.13
PERCENTIL (5%)					17.26

Tabla N° 6-01.- Contenido de humedad probetas libre de defectos de 5.00 x 5.00 x 75.00 cm.

VIGA N°	MUESTRA N°	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO HUMEDAD (%)	HUMEDAD PROMEDIO (%)
R-01	M1	52.50	43.50	20.69	20.11
	M2	52.00	43.50	19.54	
R-02	M1	49.00	40.50	20.99	21.60
	M2	49.50	40.50	22.22	
R-03	M1	48.00	38.00	26.32	25.34
	M2	48.50	39.00	24.36	
R-04	M1	51.50	43.00	19.77	19.77
	M2	51.50	43.00	19.77	
R-05	M1	53.00	45.00	17.78	19.00
	M2	53.50	44.50	20.22	
R-06	M1	51.00	42.50	20.00	20.24
	M2	50.00	41.50	20.48	
R-07	M1	49.50	39.50	25.32	24.68
	M2	49.00	39.50	24.05	
R-08	M1	52.00	43.00	20.93	21.18
	M2	51.00	42.00	21.43	
R-09	M1	53.00	43.00	23.26	25.65
	M2	52.50	41.00	28.05	
R-10	M1	51.00	41.00	24.39	23.64
	M2	51.00	41.50	22.89	
R-11	M1	48.50	40.50	19.75	19.63
	M2	49.00	41.00	19.51	
R-12	M1	50.00	41.50	20.48	20.36
	M2	50.50	42.00	20.24	
R-13	M1	54.00	45.50	18.68	18.79
	M2	53.50	45.00	18.89	
R-14	M1	48.50	40.00	21.25	21.12
	M2	49.00	40.50	20.99	
R-15	M1	51.00	42.00	21.43	21.43
	M2	51.00	42.00	21.43	
R-16	M1	48.50	40.00	21.25	21.12
	M2	49.00	40.50	20.99	
R-17	M1	51.00	42.50	20.00	20.37
	M2	49.50	41.00	20.73	
R-18	M1	50.00	42.50	17.65	17.75
	M2	49.50	42.00	17.86	
R-19	M1	52.00	43.00	20.93	20.93
	M2	52.00	43.00	20.93	
R-20	M1	46.50	38.50	20.78	20.65
	M2	47.00	39.00	20.51	
R-21	M1	49.50	39.50	25.32	26.76
	M2	50.00	39.00	28.21	

VIGA N°	MUESTRA N°	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO HUMEDAD (%)	HUMEDAD PROMEDIO (%)
R-22	M1	52.00	43.50	19.54	19.65
	M2	51.50	43.00	19.77	
R-23	M1	48.50	38.50	25.97	25.01
	M2	49.00	39.50	24.05	
R-24	M1	52.50	45.50	15.38	15.30
	M2	53.00	46.00	15.22	
R-25	M1	51.00	42.00	21.43	21.83
	M2	49.50	40.50	22.22	
R-26	M1	48.50	41.00	18.29	18.18
	M2	49.00	41.50	18.07	
R-27	M1	53.00	42.50	24.71	24.85
	M2	52.50	42.00	25.00	
R-28	M1	47.50	40.00	18.75	19.63
	M2	47.00	39.00	20.51	
R-29	M1	51.50	43.00	19.77	19.88
	M2	51.00	42.50	20.00	
R-30	M1	49.00	41.00	19.51	19.63
	M2	48.50	40.50	19.75	
PROMEDIO					21.14
DES. ESTANDAR					2.61
COEF. VARIACIÓN					12.37
PERCENTIL(5%)					17.95

6.1.2 Densidad

Tabla N° 6-02.- Densidad básica de las vigas ensayadas a escala natural.

VIGA N°	MUESTRA N°	PESO SECO (gr)	VOL. SATURADO (cm ³)	DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	D.B PROMEDIO (gr/cm ³)
R241	M1	41.50	94.00	0.44	0.44
	M2	42.00	95.00	0.44	
R533	M1	42.00	95.00	0.44	0.44
	M2	41.50	95.00	0.44	
R341	M1	42.00	93.00	0.45	0.45
	M2	42.50	93.00	0.46	
R413	M1	40.00	96.00	0.42	0.42
	M2	40.50	96.00	0.42	
R411	M1	40.50	95.00	0.43	0.42
	M2	40.00	95.00	0.42	
R111	M1	41.50	94.00	0.44	0.44
	M2	42.00	94.00	0.45	
R210	M1	45.00	96.00	0.47	0.47
	M2	44.50	95.00	0.47	
R618	M1	40.00	94.00	0.43	0.43
	M2	40.50	94.00	0.43	
R626	M1	40.50	95.00	0.43	0.43
	M2	41.00	94.00	0.44	
R622	M1	37.50	93.00	0.40	0.40
	M2	38.00	94.00	0.40	
R633	M1	38.50	95.00	0.41	0.40
	M2	38.00	95.00	0.40	
R341	M1	43.00	94.00	0.46	0.45
	M2	42.50	94.00	0.45	
R217	M1	40.50	94.00	0.43	0.43
	M2	40.00	94.00	0.43	
R312	M1	38.00	96.00	0.40	0.40
	M2	38.50	96.00	0.40	
R528	M1	39.50	93.00	0.42	0.42
	M2	39.00	93.00	0.42	
R531	M1	43.50	92.00	0.47	0.47
	M2	43.00	92.00	0.47	
R523	M1	40.50	94.00	0.43	0.43
	M2	41.00	94.00	0.44	
R226	M1	44.00	93.00	0.47	0.47
	M2	43.50	93.00	0.47	

VIGA N°	MUESTRA N°	PESO SECO (gr)	VOL. SATURADO (cm ³)	DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	D.B PROMEDIO (gr/cm ³)
R152	M1	42.50	95.00	0.45	0.44
	M2	42.00	95.00	0.44	
R617	M1	41.00	93.00	0.44	0.44
	M2	40.50	93.00	0.44	
R218	M1	40.50	93.00	0.44	0.44
	M2	41.00	93.00	0.44	
R231	M1	41.00	94.00	0.44	0.44
	M2	41.00	94.00	0.44	
R122	M1	42.50	96.00	0.44	0.44
	M2	41.50	96.00	0.43	
R512	M1	43.50	94.00	0.46	0.47
	M2	44.00	94.00	0.47	
R216	M1	41.00	95.00	0.43	0.43
	M2	41.50	96.00	0.43	
R321	M1	41.50	93.00	0.45	0.44
	M2	41.00	93.00	0.44	
R415	M1	41.50	95.00	0.44	0.44
	M2	41.50	95.00	0.44	
R529	M1	37.00	94.00	0.39	0.39
	M2	36.00	94.00	0.38	
R215	M1	42.00	96.00	0.44	0.43
	M2	41.00	96.00	0.43	
R131	M1	39.00	93.00	0.42	0.42
	M2	39.50	93.00	0.42	
PROMEDIO					0.43
DES. ESTANDAR					0.02
COEF. VARIACIÓN					4.68
PERCENTIL (5%)					0.40

6.2 ENSAYOS MECÁNICOS

6.2.1 Ensayo a flexión en probetas libres de defectos

Tabla N° 6-03.- Características geométricas de las probetas libres de defectos.

Código probeta	Base (b) (cm)	Peralte (h) (cm)	Luz libre (L) (cm)	Área (A) (cm ²)	Inercia (I) (cm ⁴)
R-01	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-02	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-03	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-04	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-05	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-06	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-07	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-08	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-09	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-10	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-11	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-12	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-13	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-14	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-15	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-16	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-17	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-18	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-19	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-20	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-21	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-22	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-23	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-24	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-25	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-26	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-27	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-28	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-29	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08
R-30	5,00	5,00	70,00	25,00	52,08

Tabla N° 6-04.- Resultados ensayos probetas libres de defectos

Viga N°	Pendiente zona elástica dp/dy (Kg/cm)	Carga al límite proporcional P (Kg)	Carga máxima P (Kg)	Esfuerzo al límite proporcional ELP (Kg/cm ²)	Módulo de rotura MOR (Kg/cm ²)	Módulo de elasticidad MOE (Kg/cm ²)
R-01	774,33	600,00	630,00	504,00	529,20	106 237,55
R-02	504,48	450,00	490,00	378,00	411,60	69 215,23
R-03	720,58	550,00	620,00	462,00	520,80	98 863,69
R-04	639,90	500,00	550,00	420,00	462,00	87 794,23
R-05	429,41	350,00	450,00	294,00	378,00	58 914,76
R-06	460,51	350,00	490,00	294,00	411,60	63 182,11
R-07	791,59	550,00	650,00	462,00	546,00	108 606,15
R-08	669,69	550,00	600,00	462,00	504,00	91 882,11
R-09	757,06	550,00	630,00	462,00	529,20	103 868,46
R-10	425,56	400,00	465,00	336,00	390,60	58 386,57
R-11	403,85	350,00	430,00	294,00	361,20	55 408,63
R-12	895,71	600,00	690,00	504,00	579,60	122 891,96
R-13	429,96	400,00	480,00	336,00	403,20	58 990,19
R-14	523,49	400,00	490,00	336,00	411,60	71 822,61
R-15	617,18	450,00	550,00	378,00	462,00	84 677,10
R-16	723,38	500,00	610,00	420,00	512,40	99 248,10
R-17	472,99	450,00	570,00	378,00	478,80	64 893,93
R-18	521,10	350,00	440,00	294,00	369,60	71 495,46
R-19	854,18	500,00	610,00	420,00	512,40	117 194,00
R-20	945,91	500,00	680,00	420,00	571,20	129 778,59
R-21	808,72	500,00	640,00	420,00	537,60	110 956,86
R-22	465,48	350,00	480,00	294,00	403,20	63 863,65
R-23	518,97	200,00	410,00	168,00	344,40	71 203,02
R-24	472,35	350,00	530,00	294,00	445,20	64 806,35
R-25	501,77	300,00	520,00	252,00	436,80	68 842,90
R-26	516,74	300,00	470,00	252,00	394,80	70 897,02
R-27	564,42	500,00	670,00	420,00	562,80	77 438,28
R-28	510,08	250,00	430,00	210,00	361,20	69 982,80
R-29	691,30	350,00	550,00	294,00	462,00	94 846,23
R-30	820,25	500,00	620,00	420,00	520,80	112 538,31
Promedio		431,67	548,17	362,60	460,46	84 290,90
Desviación estándar		104,62	84,61	87,88	71,08	21 987,45
Coficiente varianza		24,24	15,44	24,24	15,44	26,09
Percentil al 5%		272,50	430,00	228,90	361,20	58 624,26

6.2.2 Ensayo a flexión en vigas a escala natural

Tabla N° 6-05.- Características geométricas de las vigas a escala natural

Viga N°	Ancho a (cm)	Peralte h (cm)	Luz libre L (cm)	Área A (cm ²)	Inercia I (cm ⁴)
R241	4,01	14,00	300,00	56,14	916,95
R533	4,00	14,01	300,00	56,04	916,63
R341	4,00	13,99	300,00	55,96	912,71
R413	3,98	14,00	300,00	55,72	910,09
R411	4,01	14,01	300,00	56,18	918,92
R111	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R210	3,99	14,00	300,00	55,86	912,38
R618	4,00	14,01	300,00	56,04	916,63
R626	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R622	3,98	14,00	300,00	55,72	910,09
R633	4,00	13,99	300,00	55,96	912,71
R431	4,01	14,00	300,00	56,14	916,95
R217	3,99	14,00	300,00	55,86	912,38
R312	3,99	13,98	300,00	55,78	908,48
R528	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R531	3,98	14,01	300,00	55,76	912,04
R523	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R226	4,01	14,00	300,00	56,14	916,95
R152	4,00	13,99	300,00	55,96	912,71
R617	4,01	14,00	300,00	56,14	916,95
R218	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R231	3,99	13,99	300,00	55,82	910,43
R122	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R512	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R216	3,98	14,01	300,00	55,76	912,04
R321	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67
R415	4,01	14,00	300,00	56,14	916,95
R529	4,00	13,98	300,00	55,92	910,75
R215	3,99	14,00	300,00	55,86	912,38
R131	4,00	14,00	300,00	56,00	914,67

Todas las medidas correspondientes a las secciones son la media de la medida a L/3, L/2 y 2L/3 y puede ser expresado así:

$$a = \frac{a(L/3) + a(L/2) + a(2L/3)}{3} \dots (cm); h = \frac{h(L/3) + h(L/2) + h(2L/3)}{3} \dots (cm)$$

Tabla N° 6-06.- Resultados de ensayos en vigas a escala natural

Viga N°	Luz libre L (cm)	Carga al límite proporcional PL (Kg)	Carga máxima P (Kg)	Esfuerzo al límite proporcional ELP (Kg/cm ²)	Módulo de rotura MOR (Kg/cm ²)
R241	300,00	150,00	240,00	114,51	183,22
R533	300,00	200,00	210,00	152,84	160,48
R341	300,00	200,00	220,00	153,28	168,61
R413	300,00	350,00	510,00	269,20	392,27
R411	300,00	300,00	330,00	228,69	251,56
R111	300,00	350,00	550,00	267,86	420,92
R210	300,00	100,00	360,00	76,72	276,20
R618	300,00	160,00	210,00	122,27	160,48
R626	300,00	160,00	360,00	122,45	275,51
R622	300,00	300,00	370,00	230,75	284,59
R633	300,00	240,00	260,00	183,94	199,26
R431	300,00	350,00	440,00	267,19	335,89
R217	300,00	350,00	400,00	268,53	306,89
R312	300,00	350,00	440,00	269,30	338,55
R528	300,00	180,00	200,00	137,76	153,06
R531	300,00	180,00	220,00	138,25	168,97
R523	300,00	340,00	360,00	260,20	275,51
R226	300,00	400,00	440,00	305,36	335,89
R152	300,00	200,00	250,00	153,28	191,60
R617	300,00	200,00	260,00	152,68	198,48
R218	300,00	150,00	200,00	114,80	153,06
R231	300,00	250,00	310,00	192,08	238,18
R122	300,00	200,00	260,00	153,06	198,98
R512	300,00	350,00	570,00	267,86	436,22
R216	300,00	300,00	510,00	230,42	391,71
R321	300,00	350,00	510,00	267,86	390,31
R415	300,00	400,00	600,00	305,36	458,04
R529	300,00	200,00	290,00	153,50	222,57
R215	300,00	350,00	550,00	268,53	421,97
R131	300,00	200,00	220,00	153,06	168,37
Promedio		260,33	355,00	199,39	271,91
Desviación estándar		87,79	128,83	67,22	98,72
Coef. Varianza		33,72	36,29	33,71	36,31
Percentil al 5%		150,00	204,50	114,64	156,40

Tabla N° 6-07.- Resultados ensayos vigas a escala natural: Módulo de Elasticidad (MOE)

Viga N°	Carga al límite proporcional PL (Kg)	Luz libre L (cm)	$\Delta_{L/2}$	$\Delta_{L/3}$	Inercia de la sección I (cm ⁴)	Módulo de elasticidad MOE L/2 y L/3 (Kg/cm ²)
R241	150,00	300,00	2,849	2,572	916,95	73 820,04
R533	200,00	300,00	2,822	2,413	916,63	66 684,29
R341	200,00	300,00	2,916	2,675	912,71	113 655,66
R413	350,00	300,00	4,546	4,103	910,09	108 514,66
R411	300,00	300,00	3,841	3,578	918,92	155 166,51
R111	350,00	300,00	3,200	2,901	914,67	159 972,02
R210	100,00	300,00	2,336	2,146	912,38	72 107,54
R618	160,00	300,00	5,214	4,438	916,63	28 117,40
R626	160,00	300,00	2,838	2,663	914,67	124 947,94
R622	300,00	300,00	6,302	5,577	910,09	56 833,88
R633	240,00	300,00	4,907	4,676	912,71	142 290,99
R431	350,00	300,00	4,769	4,290	916,95	99 608,25
R217	350,00	300,00	11,168	9,502	912,38	28 782,42
R312	350,00	300,00	4,501	4,074	908,48	112 781,28
R528	180,00	300,00	3,394	3,143	914,67	98 004,48
R531	180,00	300,00	3,263	2,984	912,05	88 422,36
R523	340,00	300,00	5,177	4,724	914,67	102 571,78
R226	400,00	300,00	9,261	8,063	916,95	45 516,20
R152	200,00	300,00	3,639	3,327	912,71	87 791,71
R617	200,00	300,00	6,273	5,708	916,95	48 255,22
R218	150,00	300,00	3,813	3,531	914,67	72 692,45
R231	250,00	300,00	6,980	5,950	910,43	33 324,84
R122	200,00	300,00	3,858	3,431	914,67	64 010,21
R512	350,00	300,00	5,201	4,667	914,67	89 572,35
R216	300,00	300,00	6,151	5,362	912,05	52 112,04
R321	350,00	300,00	3,285	2,928	914,67	133 982,16
R415	400,00	300,00	4,281	3,969	916,95	174 770,52
R529	200,00	300,00	4,440	3,990	910,75	60 999,64
R215	350,00	300,00	5,997	5,405	912,38	80 999,18
R131	200,00	300,00	3,601	3,228	914,67	73 277,11
Promedio						88 319,50
Desviación estándar						39 051,64
Coef. Varianza						44,22
Percentil al 5%						30 826,51

Tabla N° 6-08.- Resultados ensayos vigas a escala natural: Módulo de Elasticidad (MOE) – Aparente

Viga N°	Pendiente zona elástica dp/dy (Kg/cm)	Luz libre L (cm)	Inercia de la sección I (cm ⁴)	Módulo de elasticidad MOE (Kg/cm ²)
R241	52,64	300,00	916,95	55 018,66
R533	70,87	300,00	916,63	74 097,62
R341	68,59	300,00	912,71	72 014,54
R413	77,00	300,00	910,09	81 079,32
R411	78,11	300,00	918,92	81 457,11
R111	109,36	300,00	914,67	114 579,86
R210	42,81	300,00	912,38	44 964,09
R618	30,69	300,00	916,63	32 083,22
R626	56,38	300,00	914,67	59 074,75
R622	47,61	300,00	910,09	50 129,38
R633	48,91	300,00	912,71	51 359,16
R431	73,39	300,00	916,95	76 705,06
R217	31,34	300,00	912,38	32 917,43
R312	77,76	300,00	908,48	82 028,59
R528	53,03	300,00	914,67	55 559,59
R531	55,16	300,00	912,05	57 962,65
R523	65,67	300,00	914,67	68 809,31
R226	43,19	300,00	916,95	45 143,25
R152	54,96	300,00	912,71	57 708,44
R617	31,88	300,00	916,95	33 319,72
R218	39,34	300,00	914,67	41 218,11
R231	35,81	300,00	910,43	37 698,55
R122	51,85	300,00	914,67	54 320,11
R512	67,29	300,00	914,67	70 504,56
R216	48,78	300,00	912,05	51 250,45
R321	106,55	300,00	914,67	111 633,61
R415	93,43	300,00	916,95	97 649,42
R529	45,04	300,00	910,75	47 396,21
R215	58,37	300,00	912,38	61 306,74
R131	55,54	300,00	914,67	58 191,51
Promedio				61 906,03
Desviación estándar				21 314,30
Coefficiente de varianza				34,43
Percentil al 5%				33 098,46

6.3 CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL

De la realización de los ensayos, su procesamiento y análisis se desprendió la siguiente tabla resumen:

Pino radiata	Probetas	Vigas a escala natural
Esfuerzo al límite proporcional promedio (kg/cm ²)	362,60	199,39
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	460,46	271,91
Módulo de elasticidad promedio (kg/cm ²)	84 290,90	88 319,50
Módulo de elasticidad mínimo (kg/cm ²)	58 624,26	30 826,51
Módulo de elasticidad aparente promedio (kg/cm ²)	-	61 906,03
Contenido de Humedad promedio (%)	21.14	20.38

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos de este cuadro se puede obtener el Factor de Calidad (F.C):

$$F.C. = \frac{MOR_{vigas}}{MOR_{probetas}} = \frac{271.91}{460.46} = 0.59$$

Es menor que 0.80 (coeficiente considerado por la Norma Técnica de Edificación E. 101).

La densidad básica de la especie Pinus radiata D.Don obtenida de los ensayos es de 0.43 g/cm³. La densidad se encuentra dentro del rango característico del grupo C (Tabla N°6-09), entonces se procede a verificar si cumple con el módulo de elasticidad característico de dicho grupo.

Tabla N° 6-09.- Densidad Básica

Grupo	Densidad Básica (g/cm ³)
A	≥ 0.71
B	0.56 a 0.70
C	0.40 a 0.55

Fuente: Norma Técnica de Edificación⁶⁵ E-101

Se observa en el caso de la obtención del MOE, una buena correlación entre los ensayos de probetas y los ensayos de vigas en escala natural.

La variación entre los resultados obtenidos del esfuerzo al límite proporcional y módulo de rotura entre probetas y vigas se debe a la relación de los diferentes defectos propio de la especie como lo son: sus nudos, la dirección

⁶⁵ Norma Técnica de Edificación E-101, Agrupamiento de maderas para uso estructural.

de la fibra, entre otros. Por lo que se considera necesario evaluar la inclusión de una nueva norma para la clasificación de este tipo de especies tomando en cuenta su naturaleza (coníferas).

Para el cálculo del módulo de elasticidad se considera como si toda la deformación fuera exclusivamente por flexión.

Para el cálculo del módulo de elasticidad aparente se considera que hay deformaciones por efecto de flexión y por corte, lo cual nos genera un MOE menor.

El módulo de elasticidad promedio de las vigas a escala natural obtenido de los ensayos corresponde a 88,319.50 kg/cm² y el módulo de elasticidad mínimo es 30,826.51, los cuales se encuentran por debajo del rango característico del grupo C (Tabla 6-10).

Tabla N° 6-01.- Modulo de Elasticidad

Grupo	E _{mínimo}	E _{promedio}
A	95,000	130,000
B	75,000	100,000
C	55,000	90,000

Fuente: Norma Técnica de Edificación⁶⁶ E-101

La especie *Pinus Radiata* D.Don de acuerdo a los resultados obtenidos no puede incluirse en ninguno de los grupos (A, B y C) de acuerdo a la norma técnica de agrupamiento de maderas de uso estructural, por lo cual se recomienda la inclusión de un nuevo grupo donde entraría esta especie.

⁶⁶ Norma Técnica de Edificación E-101, Agrupamiento de maderas para uso estructural.

CONCLUSIONES

El mundo exige resultados. No le cuentes a otros tus dolores del parto...Muéstrales al niño, Indira Gandhi

La especie *Pinus radiata* de acuerdo a los resultados obtenidos no puede incluirse en ninguno de los grupos (A, B y C) de acuerdo a la norma técnica de agrupamiento de maderas de uso estructural, por lo cual se recomienda la inclusión de un nuevo grupo (D) para este tipo de especies.

La variación entre los resultados obtenidos del esfuerzo al límite proporcional y módulo de rotura entre probetas y vigas se debe a los diferentes defectos propios de la especie como lo son: sus nudos, la dirección de la fibra, en los elementos a escala natural. Por lo que se considera necesario evaluar la inclusión de una nueva norma para la clasificación de este tipo de especies tomando en cuenta su naturaleza (coníferas).

Para la madera *Pinus radiata* D.Don, estudiada, se tomaron muestras de diferentes niveles de altura, lo que generó una variedad en la resistencia de las muestras, obteniéndose valores conservadores para el MOE y el MOR.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la inclusión de un nuevo grupo (D) dentro de la norma técnica de agrupamiento de maderas de uso estructural.

Se recomienda realizar una investigación, tomando solamente muestras pertenecientes a las dos primeras trozas (inferiores) del *Pinus radiata* D. Don, la cual servirá para obtener resultados para madera seleccionada que cumpla con mayores requisitos estructurales, esto es factible ya que las muestras de las probetas libres de defectos (obtenidas de la primera troza) muestran un MOE promedio de 84,290.90 kg/cm² y el de las vigas a escala natural presenta un MOE promedio de 88,3419.50 kg/cm² muy cercanos a lo solicitado para que se encuentre en el grupo C, y una densidad superior a 0.40 g/cm³.

Se debe establecer un catálogo forestal nacional, de modo que para las futuras investigaciones, se tomen en cuenta las investigaciones ya realizadas, además de que sirva para que no se realicen investigaciones innecesarias a especies ya estudiadas o se refuercen las investigaciones existentes, ampliando el valor de estas.

La Norma Técnica Peruana, capítulo maderas, debe establecer, los rangos admisibles para el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación, para considerar válido un ensayo, o rechazarlo.

BIBLIOGRAFÍA

Arostegui Ruiz, Luisa Cecilia; Chuquin Orihuela, Dante Iván; Negrón Pardo, Carlos Alberto; Reyes Pinto, Kelvin. **Estudio de Prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de fósforos comunes en el departamento de Cajamarca a partir de Pino.** Tesis para optar al título profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima -Perú, 1998.

ASTM - NORMA ASTM, **D4442-92(2003) Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials.** ASTM.

ASTM - NORMA ASTM, **D2395-07 Standard Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials.** ASTM.

Banco Interamericano de Desarrollo (Kari Keipi, et. al. 12 autores). **Políticas forestales en América Latina.** Primera edición (ISBN: 188-69-3873-3), Banco Interamericano de Desarrollo. Washington DC, 2000.

Camacho Castillo, Sixto. **Incorporación de la especie maderable Quinilla Colorada (Manilkara Bidentada) para uso estructural.** Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería. Lima-Perú, 2005.

Centro de Transferencia Tecnológica. Pino Radiata [Documento Electrónico PFD - COMPING.pdf]. **Compendio de directrices para la enseñanza de ingeniería**. Proyecto CORFO-FONTEC. Chile, Noviembre 2003. Visitada Agosto 2007. <<http://descom.jmc.utfsm.cl/PROI/materiales/maderas/COMPING.pdf>>

Cortez Villeguez, Adolfo Johan. **Clasificación Estructural de la madera Mashonaste “Clarisia Racemosa Ruiz & Pav”**. Tesis para optar al título profesional de ingeniero civil - Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería, Lima -Perú, 2005.

Córdova Zamora, Manuel. **Estadística Descriptiva e inferencial**. Moshera S.R.L., 5ª Ed. Lima-Perú, 2003

Estrada a., Washington. – CORMADERA. **Manual para la producción de PINO – Pinus radiata D.Don**. Primera edición, editorial EDI-U. Ecuador, 1997

Evans, James W.; Kretschmann, David E.; Herian, Victoria L.; Green, David, W. **Procedures for developing allowable properties for a singles species under ASTM D1990 and computer programs useful for the calculations**. The United States Department of agriculture (USDA). Washington, DC-USA.

Fundación Chile. **La captura de carbono: un proceso vital para la
mantención de la vida**⁶⁷. Elaborado por Fundación Chile para el
Ministerio de Educación.

Gonzales Flores, Raúl. **Secado de la Madera**. Universidad Nacional
Agraria la Molina, Lima, 1996.

Hornbostel, Caleb. **Materiales para la construcción: tipos, usos y
aplicaciones**. Primera reimpresión (ISBN 968-18-5186-2), Limusa,
S.A. México D.F, 2000.

INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.008:1980
MADERAS. Selección y colección de muestras – 11 Páginas.
INDECOPI, Lima – Perú, 1980.

INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.009:1980
**MADERAS. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los
ensayos físicos y mecánicos – 2 Páginas**. INDECOPI, Lima –
Perú, 1980.

INN - NORMA CHILENA OFICIAL, NCh968.Of86 Madera – **Selección,
obtención y acondicionamiento de muestras y probetas para la
determinación de propiedades físicas y mecánicas**. Instituto
Nacional de Normalización, Chile.

⁶⁷ Formato electrónico: www.chilepaisforestal.cl/Profesores/pdf/ImpactoecosistemaFicha15Lacaptura.pdf - En línea. Visitado en Agosto 2006.

INN - NORMA CHILENA OFICIAL, **NCh969.Of86 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Condiciones generales para los ensayos.** Instituto Nacional de Normalización, Chile.

INN - NORMA CHILENA OFICIAL, **Nch176/1.Of84 Madera – Parte1: Determinación de humedad.** Instituto Nacional de Normalización, Chile.

INN - NORMA CHILENA OFICIAL, **Nch176/2.Of86 Modificada en 1988 Madera – Parte2: Determinación de la densidad.** Instituto Nacional de Normalización, Chile.

INN - NORMA CHILENA OFICIAL, **NCh987.Of86 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de flexión estática.** Instituto Nacional de Normalización, Chile.

INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, **NTP 251.010:2004 MADERA. Método para determinar el contenido de humedad. 2a. ed. – 13 Páginas. R. 58-2004-CRT-INDECOPI (2004-07-02),** Lima – Perú, 2004.

INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, **NTP 251.011:2004 MADERAS. Método de determinación de la densidad. 2a. ed. – 9 Páginas. R. 58-2004-CRT-INDECOPI (2004-07-02),** Lima – Perú, 2004.

INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.017:2004
**MADERAS. Método para determinar la flexión estática. 2a. ed. -
8 Páginas. R. 58-2004-CRT-INDECOPI (2004-07-02), Lima – Perú,
2004.**

INDECOPI - NORMA TÉCNICA PERUANA, NTP 251.107:1988
**MADERA ASERRADA. Madera aserrada para uso estructural.
Método de ensayo de flexión para vigas a escala natural - 11
Páginas. INDECOPI, R. 1141-88, Lima – Perú, 1988**

Instituto Nacional de Estadística e Informática. **Perú: Anuario de
estadísticas ambientales 2008.** Instituto Nacional de Estadística e
Informática. Lima-Perú, 2008.

INRENA, **Anuario: Perú forestal 2007**, Centro de Información
Forestal – CIF, Consultado el 23 de febrero del 2009.
http://www.inrena.gob.pe/iffs/cif/inf_estad/anuario_peru_forestal_2007.pdf

INRENA, **Anuario: Perú forestal 2006**, Centro de Información
Forestal – CIF, Consultado el 23 de febrero del 2009.
http://www.inrena.gob.pe/iffs/cif/inf_estad/anuario_peru_forestal_2006.pdf

INRENA, **Anuario: Perú forestal 2005**, Centro de Información
Forestal – CIF, Consultado el 23 de febrero del 2009.
http://www.inrena.gob.pe/iffs/cif/inf_estad/anuario_peru_forestal_2005.pdf

INRENA, **Anuario: Perú forestal 2004**, Centro de Información Forestal – CIF, Consultado el 23 de febrero del 2009. http://www.inrena.gob.pe/iffs/cif/inf_estad/anuario_peru_forestal_2004.pdf

Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT (Scaletti Fariña, et Al.). **Manual de diseño para maderas del Grupo Andino**. 3era. Edición preliminar corregida 1984, primera reimpresión Junta del acuerdo de Cartagena. Lima-Perú, 2000.

Kuroiwa H., Julio. **Prevención de desastres**. (ISBN 9972-1-0175-4), Asociación editorial Bruño. Lima-Perú, 2002.

Laboratorio de Productos Forestales. **Pino radiata**, [formato electrónico: [Pino%20radiata.pdf](#) – En línea]. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Forestales, Laboratorio de productos forestales. Visitada en agosto del 2,006. <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20radiata.pdf>

Marticorena Quevedo, Marco Alejandro. **Evaluación del comportamiento de los embalajes con dos especies forestales de Cajamarca (Eucalyptus globulus y Pinus radiata) para el transporte de mangos y espárragos frescos**. Tesis para optar al título profesional de ingeniero forestal, Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima -Perú, 1997.

Mendehall, William; Sincich Terry. **Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias**. Prentice Hall hispanoamericana, S.A., 4ª. Ed. México, 1997. ISBN 968-880-960-8

Montgomery, Douglas C.; Runger, George C. **Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería**. McGraw-Hill interamericana editores, S.A de C.V, México, D.F, 1996. ISBN 970-10-1017-5.

Moya C., Rufino; Saravia A., Gregorio. **Probabilidad e inferencia Estadística**. Editorial San Marcos, 2ª Ed. Lima-Perú, [2004]

Norma Técnica de Edificación E.101. **Agrupamiento de maderas para uso estructural**. Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la vivienda (ININVI) ,1989.

Norma Española UNE-EN-408. **Estructuras de madera, Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural, determinación de algunas propiedades físicas**. Asociación española de normalización y certificación. España, Marzo 2004.

Ochoa Pachas, José Mario; Calderón Rodríguez, Julio. **Diccionario de ecología y del medio ambiente**. Universidad Inca Garcilazo de la Vega. Lima-Perú, 2004.

Parraga, Raúl. **Separata de capacitación, elaboración especial SENCICO, etapa recolección.** Servicio Nacional de Capacitación en la Industria de la Construcción. Lima-Perú, 2005.

Roca, Santiago. **La inversión en el Perú 2002-2003: entorno, industrias, regiones, financiamiento y estrategias empresariales.** Primera edición, ESAN ediciones Lima-Perú, 2002.

R. P. C. Morgan traducido por Urbano Terrón; Urbano López de Meneses. **Erosión y conservación del suelo.** (Traducción de Soil erosion and conservation) (ISBN: 84-7114-679-7), Ediciones Mundi – Prensa con permiso de Wesley Longman Limited, London. Madrid - España, 1997

Santos Galindo, Claudia Karina. **Durabilidad natural y adquirida en madera tornillo (Cedrelinga cateniformis), Copaiba (Copaifera Officinalis) y Pino radiata (Pinus radiata).** Tesis para optar al título profesional de ingeniero forestal - Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima -Perú, 2002.

Scaletti Farina Hugo. Apuntes de clase, **Métodos numéricos aplicado a la Ingeniería Civil.** Maestría de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, 2007.

Sibille Martina, Ana María. **“Manuale di Identificazione di Specie Forestali della Comunità Andina”.** Instituto Nacional de Investigación Agraria. 112 pg., Lima - Perú, 1997.

Trinidad Ardiles, Alfredo. **CAT “Atahualpa Jerusalén”: Líder en cultivo de Canola en los andes**”. Revista N°320 pp.16-18, Revista Agronoticias, Lima – Perú, Abril 2007.

UCLA Labor Occupational, Safety & Health Program. **CREOSOTA, lo que Ud. necesita saber [formato electrónico: Creosota español.pdf – En línea]**. UCLA Labor Occupational Safety and Health (UCLA-LOSH). Visitada Agosto del 2007. http://www.losh.ucla.edu/catalog/factsheets/creosota_espanol.pdf

UNE - NORMA UNE, **UNE-EN 13183-1:2002 Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 1: Determinación por el método de secado en estufa**. UNE-EN / 29-Jul-2002 / 10 pág. España.

UNE - NORMA UNE, **UNE-EN 13183-2:2002 Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 2: Estimación por el método de la resistencia eléctrica**. UNE-EN / 29-Jul-2002 / 10 pág. España.

UNE - NORMA UNE, **UNE 56537:1979 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática**. UNE, España.

Villanueva peña, Víctor. **Clasificación estructural de la madera “Cachimbo” Cariniana Domesticata**. Tesis para optar al grado de ingeniero Civil - Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, 2005

Páginas Web

Arauco Perú, Consultada el 24 de febrero del 2009,

<http://www.arauco.cl/peru/informacion.asp?idq=488>

Asociación Civil para la investigación y Desarrollo Forestal,
(Cajamarca - Perú) – ADEFOR.

www.adefor.org

Asociación de Trabajadores “Atahualpa Jerusalén” - Granja Porcón,
consultada el 18 de Marzo del 2009

<http://www.granjaporcon.org/>

ASTM

www.astm.org

http://trans5.convertlanguage.com/astm/enes/24/www_astm_org/cgi-bin/SoftCart.exe/ABOUT/aboutASTM.html?L+mystore+vwvk0472+1180885653

Asociación Española de Normalización y Certificación - AENOR

www.aenor.es

<http://www.aenor.es/desarrollo/aenor/quees/quees.asp>

<http://www.aenor.es/desarrollo/normalizacion/quees/tiposnormas.asp>

CMPC S.A., Visitada 17 de Marzo del 2009.

www.cmpc.cl.

El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual” – INDECOPI

www.indecopi.gob.pe

<http://www.indecopi.gob.pe/servicios-Normalizacion-que-es.jsp>

<http://200.37.120.76/PortalNormalizacion/GoPortal/DesktopDefault.aspx?tabid=263>

FORSAC, Consultada el 24 de febrero del 2009,

<http://www.forsac.com/productos.htm>

Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA.

www.inrena.gob.pe

Instituto Nacional de Normalización - INN

www.inn.cl

<http://www3.inn.cl/portada/index.php>

MASISA Perú, Visitada 17 de Marzo del 2009.

<http://www.masisa.com.pe/>.

Papelnet, Consultada 17 de Marzo del 2009.

www.Papelnet.cl.

PROTISA, Consultado el 24 de febrero del 2009.

<http://www.protisa.com.pe/web/#>

Portal Chile País Forestal

<http://www.chilepaisforestal.cl/>

Portal Sierra Exportadora, Consultado el 24 de febrero del 2009.

<http://www.sierraexportadora.gob.pe/>

Tableros Peruanos (TAPESA), Consultado 24 de febrero del 2009.

<http://www.tablerosperuanos.com/main.htm>

ANEXOS

- ✓ Anexo I: Memoria fotográfica.
- ✓ Anexo II: Ensayo a flexión en probetas libres de defectos.
- ✓ Anexo III: Ensayo a flexión en vigas a escala natural.

ANEXO I - MEMORIA FOTOGRAFICA

SELECCIÓN DE MUESTRA



Pinus radiata – R1



Pinus radiata – R2



Pinus radiata – R3



Pinus radiata – R4



Pinus radiata – R5



Pinus radiata – R6

CORTE



Muesca para direccionar caída



Corte y palanca



Medición y corte troza 3.60 m



Codificación troza: R1-1



Limpieza Troza

ACARREO A BORDE DE CARRETERA



Apalancamiento de la troza



Acarreo troza cuesta abajo

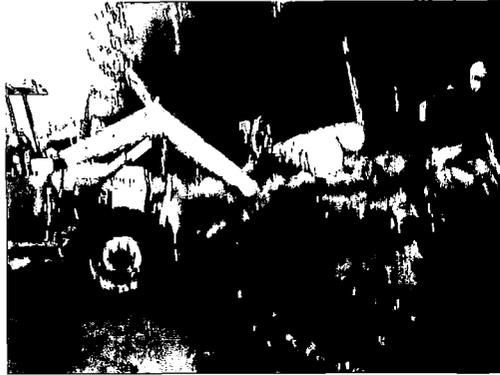


Se reúnen trozas de un mismo árbol



Trozas árbol 1 apiladas a borde de carretera

CARGUIO Y TRANSPORTE



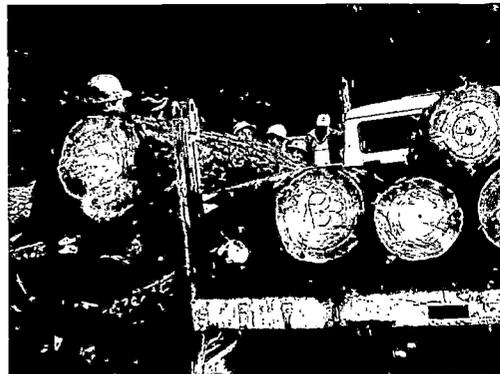
Tractor semiforestal Valtra Valmet 785



Volquete transporte Trozas



Posición de carga de trozas



Trabajo grupal: (peso aprox. trozas 300kg)



Se asegura la carga



Camino a aserradero

ASERRADO Y CEPILLADO



Disposición de trozas en la descarga



Ordenamiento de trozas para aserrío



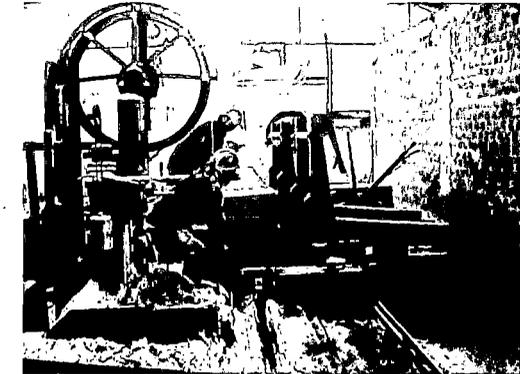
Ingreso a la máquina de aserrado



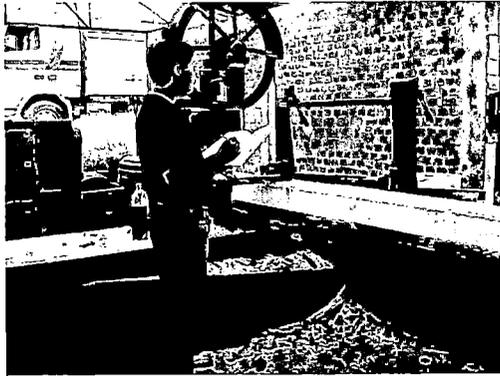
Indicaciones para corte



Limpieza de corteza



Nivelación de una cara



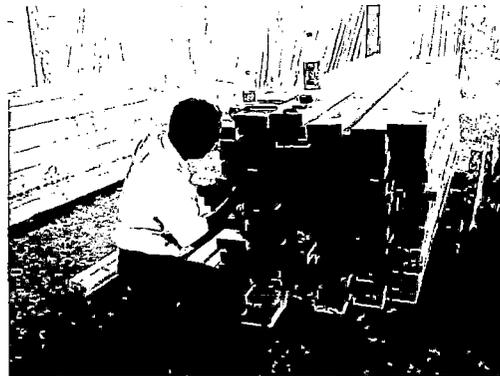
Obtención de viga para ensayo



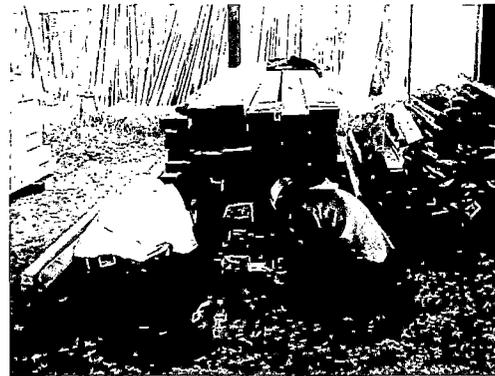
Pre-Codificación viga



Pre-habilitado cepillado 4.5x15 cm



Protección - Pintado de los extremos



Codificado Viga Nº aserrío



Inventario de vigas

DISPOSICIÓN FINAL



Asesores dando recomendaciones



Transporte al aserradero (medidas finales)



Protección de las vigas a ensayar



Inventario de nudos y dimensión viga

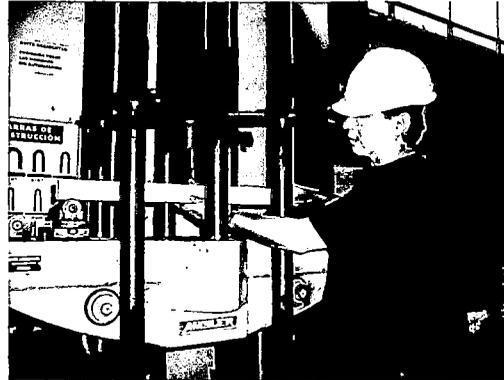


Disposición probetas libre de defectos

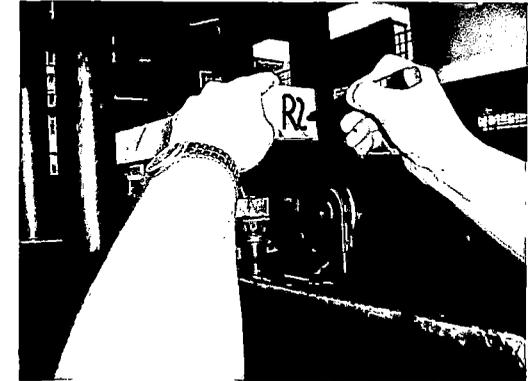
ENSAYO PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS



Calibración distancia entre apoyos



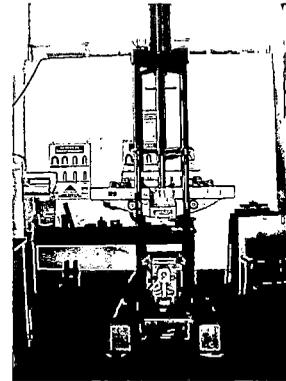
Colocando probeta en posición



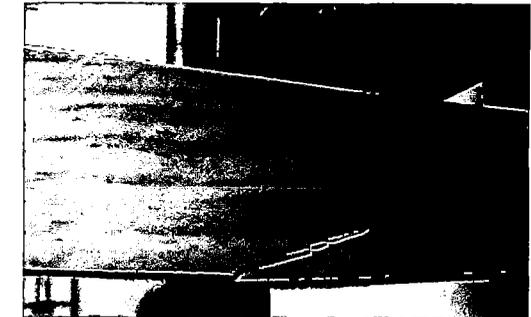
Verificación código probeta



Colocación del deformímetro

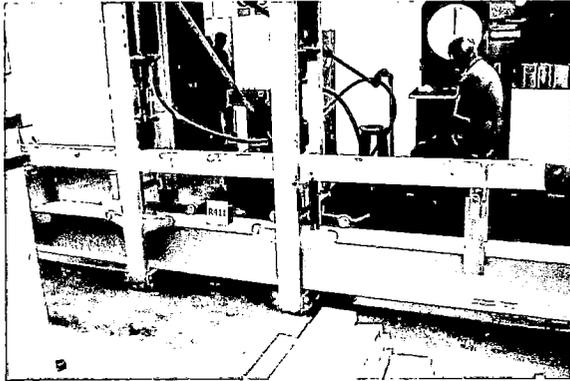


Inicio de ensayo

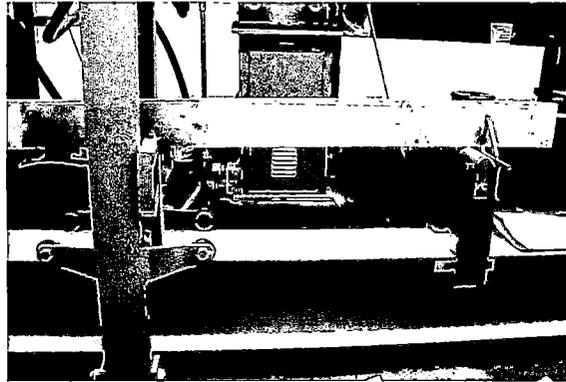


Falla de la probeta

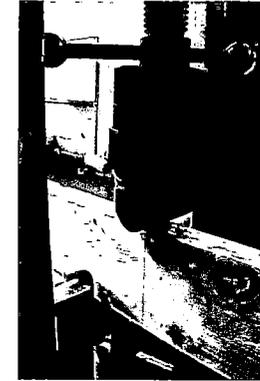
ENSAYO VIGAS A ESCALA NATURAL



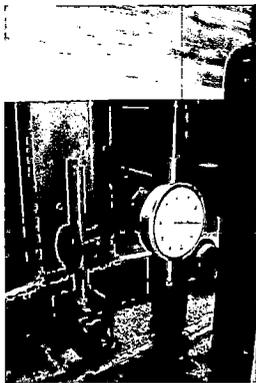
Colocación viga a escala Natural



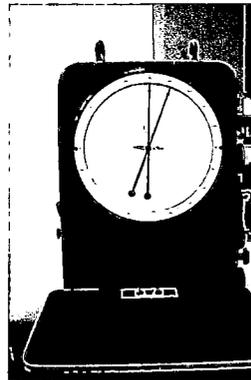
Arriostres laterales para evitar pandeo



Ajuste brazo transmisión de carga

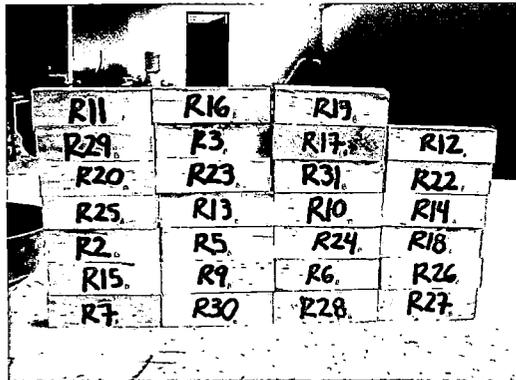


Colocación deformímetro a $L/2$ y $L/3$

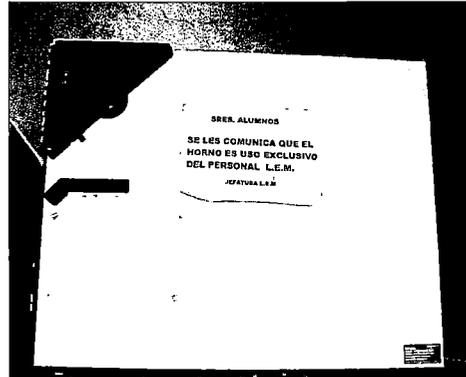


Capacidad de equipo 10,000 kg

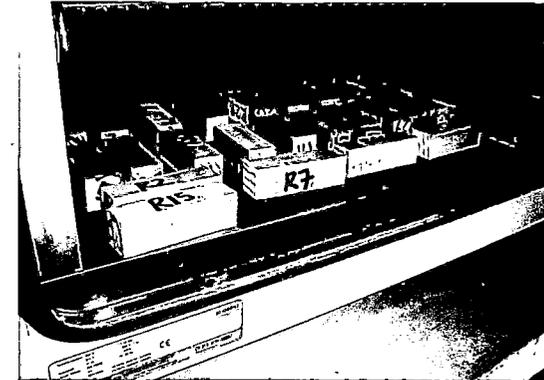
ENSAYO FÍSICO: HUMEDAD



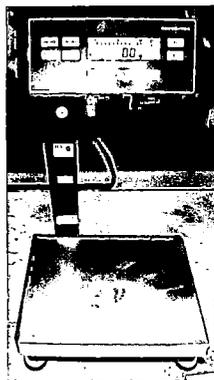
Probetas para contenido humedad



Horno 103 °C



Secado de probetas (24h min.)



Pesado de probetas

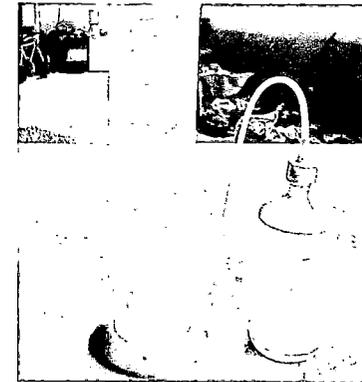
ENSAYO FISICO: DENSIDAD BASICA



Saturación probetas



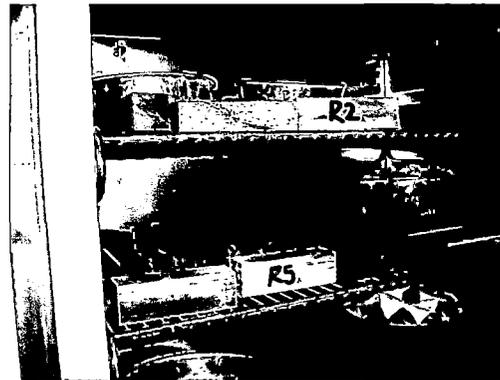
Verificación (peso constante)



Probeta y pipeta



Cálculo de volumen por inmersión



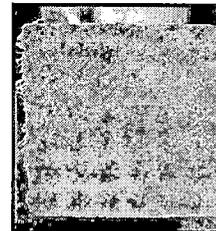
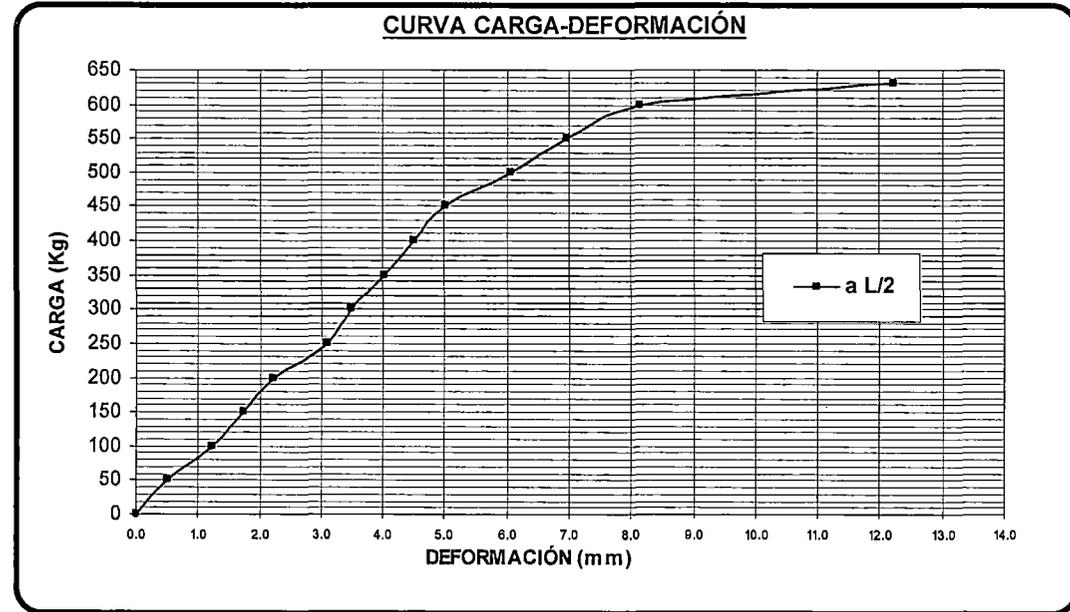
Secado de las probetas

ANEXO II - ENSAYO A FLEXIÓN EN PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS

REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-01
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CÓDIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-01	5 X 5	70

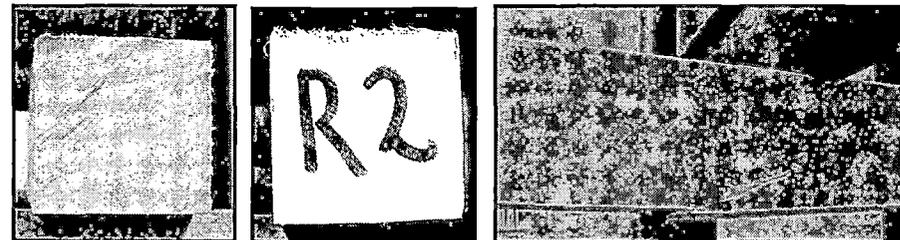
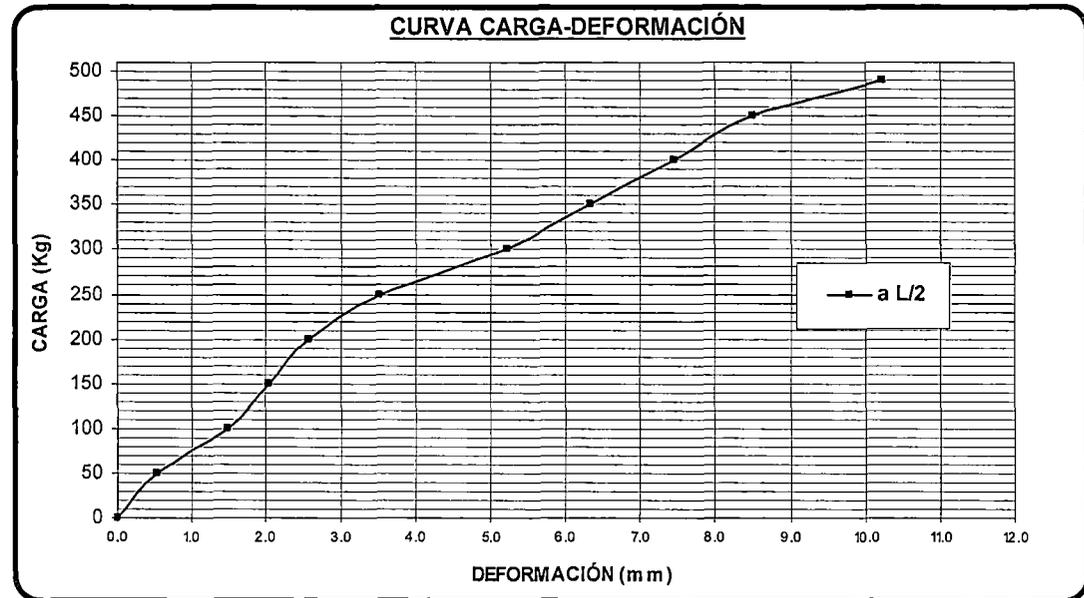
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.51
100	1.23
150	1.75
200	2.23
250	3.10
300	3.47
350	4.03
400	4.51
450	5.02
500	6.08
550	6.96
600	8.14
630	12.23



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-02
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-02	5 X 5	70

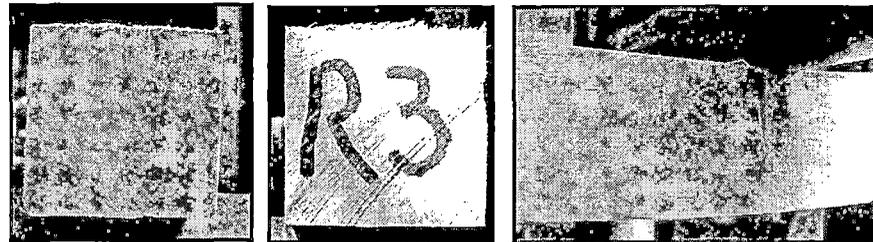
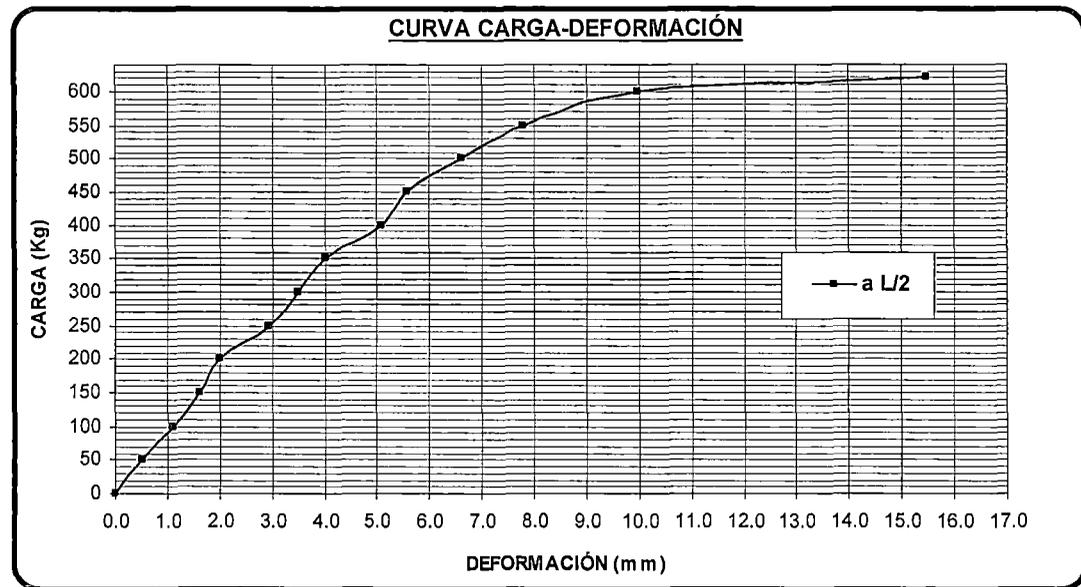
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.53
100	1.49
150	2.04
200	2.57
250	3.52
300	5.23
350	6.34
400	7.46
450	8.51
490	10.22



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-03
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-03	5 X 5	70

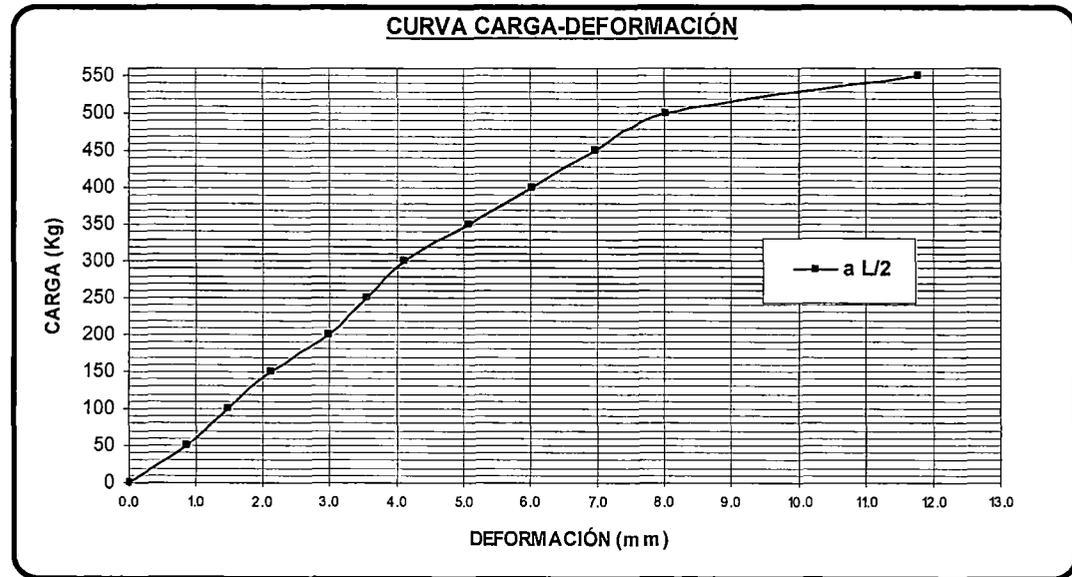
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.51
100	1.12
150	1.62
200	2.02
250	2.95
300	3.49
350	4.03
400	5.08
450	5.57
500	6.60
550	7.79
600	9.96
620	15.49



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-04
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-04	5 X 5	70

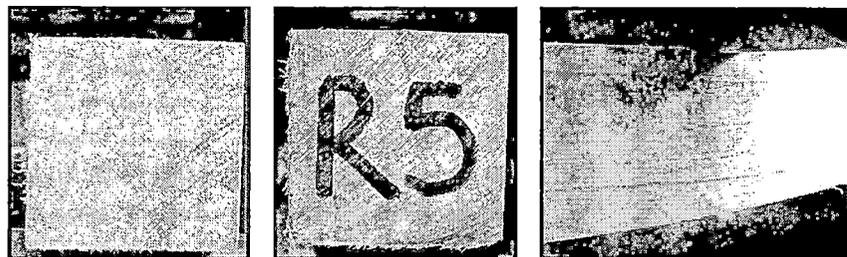
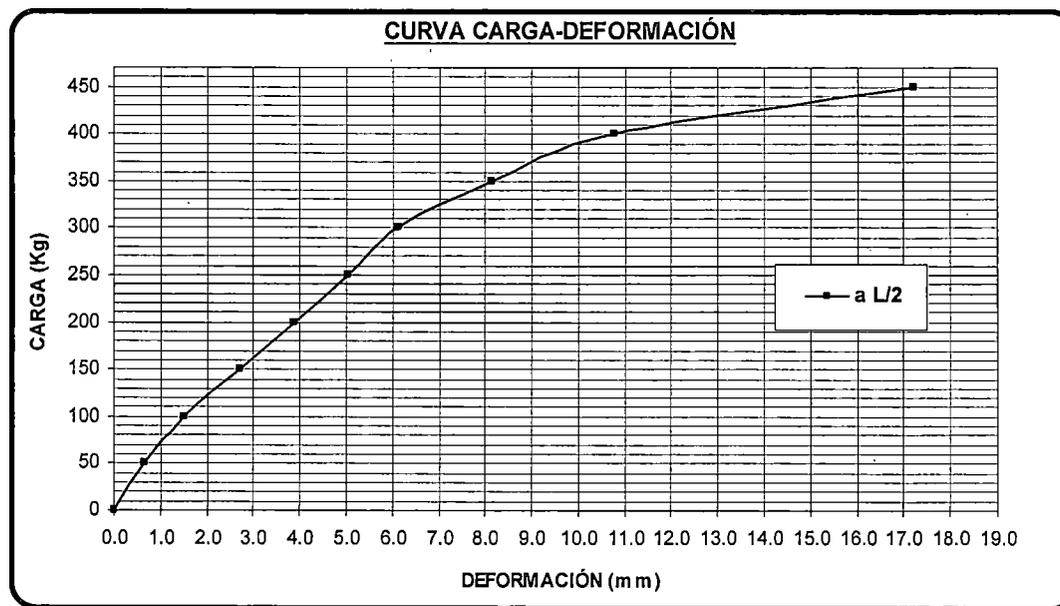
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.87
100	1.47
150	2.12
200	2.98
250	3.56
300	4.12
350	5.09
400	6.03
450	6.97
500	8.03
550	11.79



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-05
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-05	5 X 5	70

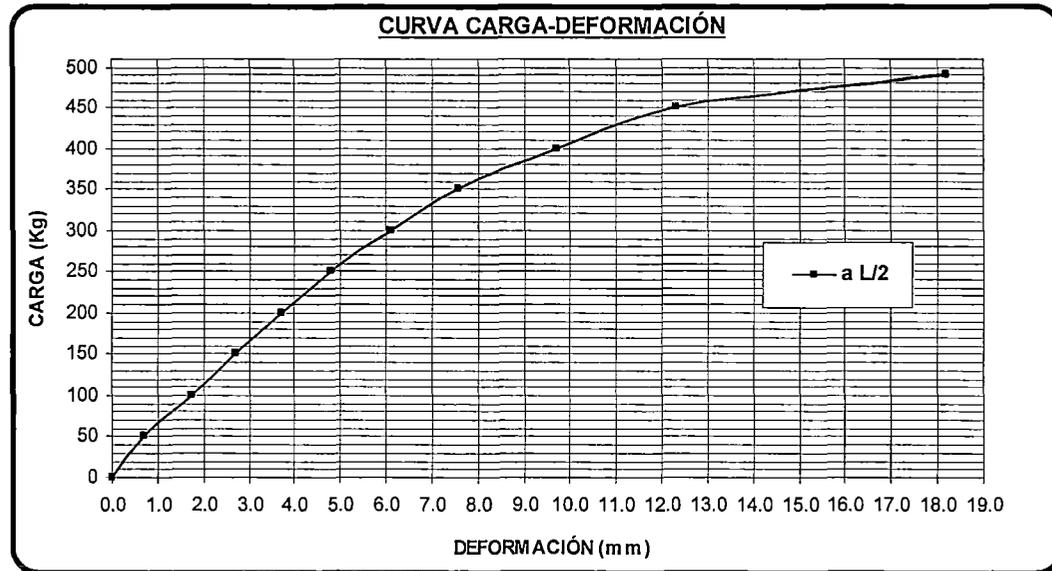
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.65
100	1.51
150	2.72
200	3.87
250	5.05
300	6.13
350	8.15
400	10.78
450	17.23



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-06
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-06	5 X 5	70

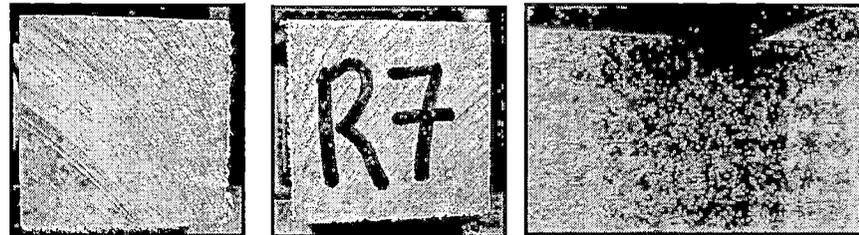
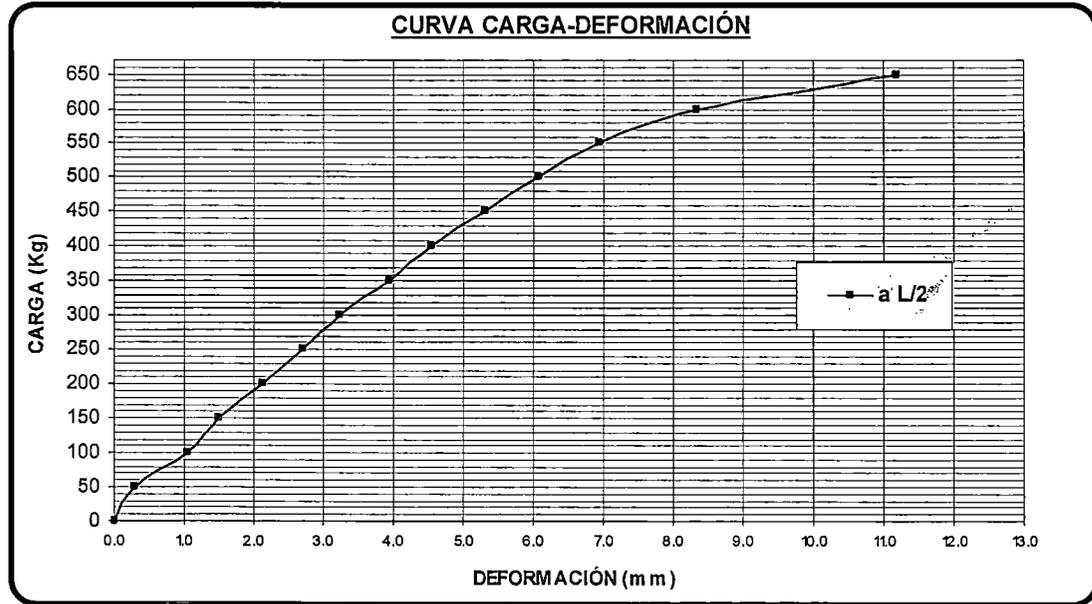
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.70
100	1.74
150	2.71
200	3.72
250	4.80
300	6.10
350	7.60
400	9.70
450	12.30
490	18.20



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-07
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-07	5 X 5	70

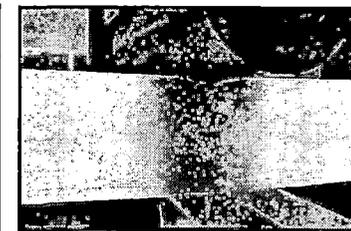
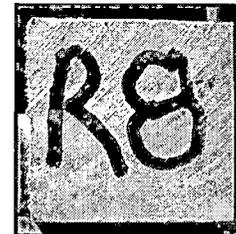
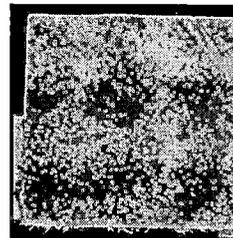
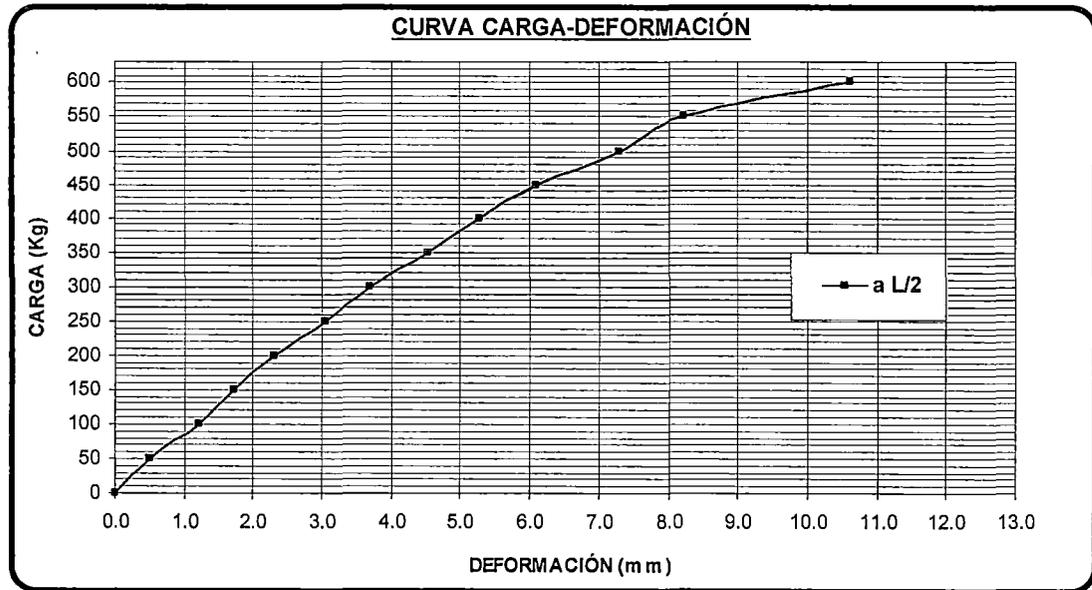
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.30
100	1.05
150	1.50
200	2.12
250	2.70
300	3.23
350	3.95
400	4.56
450	5.31
500	6.08
550	6.94
600	8.35
650	11.18



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-08
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-08	5 X 5	70

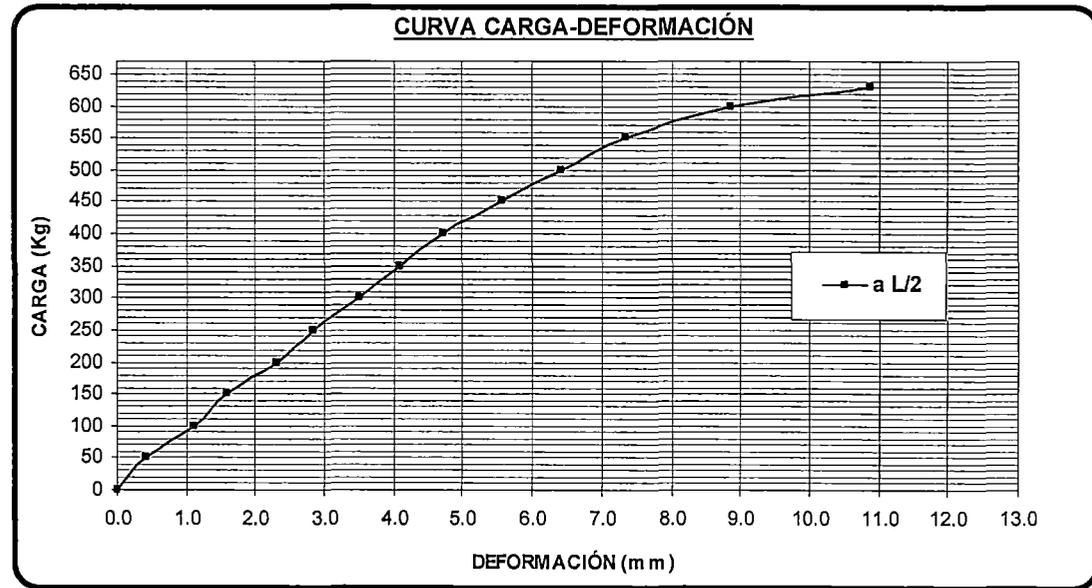
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.50
100	1.21
150	1.73
200	2.31
250	3.05
300	3.69
350	4.53
400	5.29
450	6.11
500	7.29
550	8.23
600	10.62



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-09
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-09	5 X 5	70

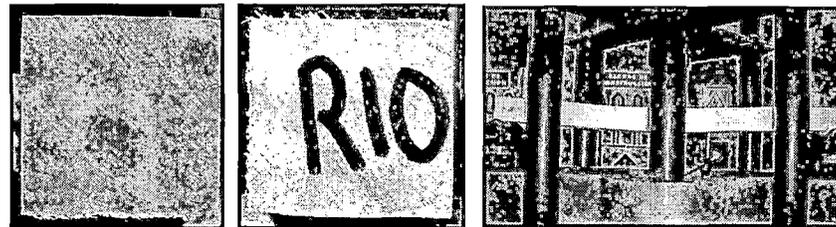
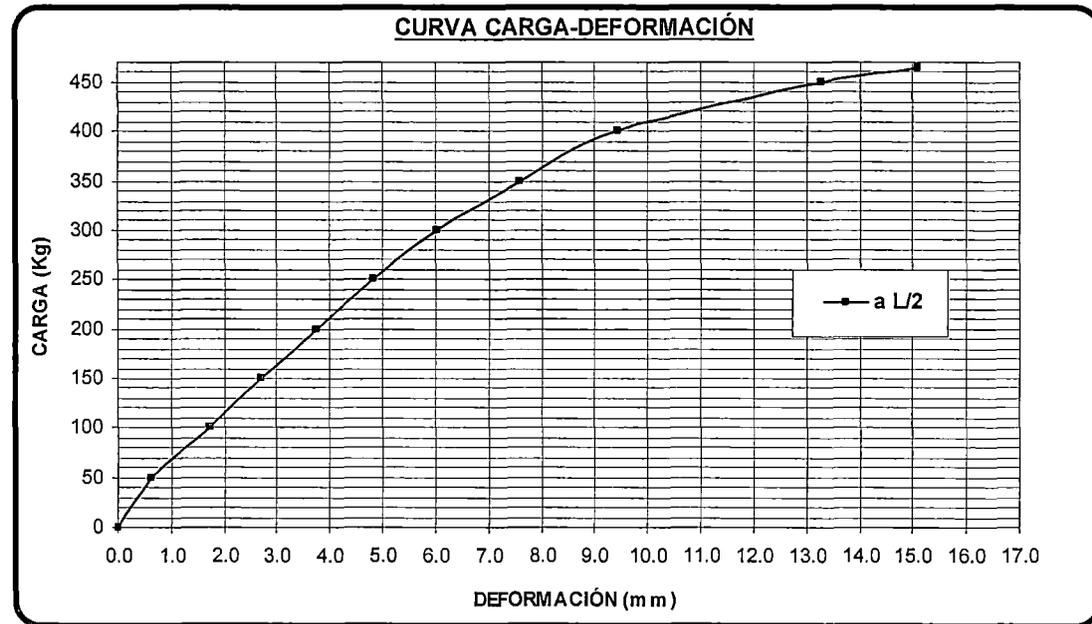
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.42
100	1.11
150	1.60
200	2.30
250	2.85
300	3.50
350	4.09
400	4.72
450	5.58
500	6.41
550	7.34
600	8.87
630	10.88



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-10
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-10	5 X 5	70

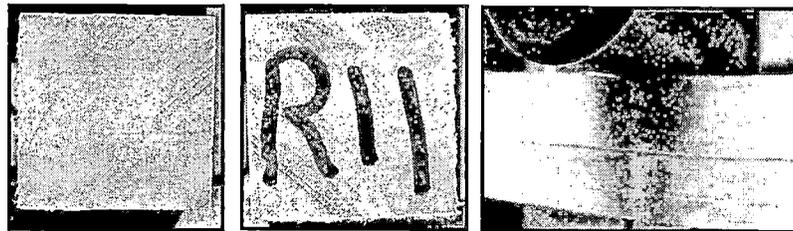
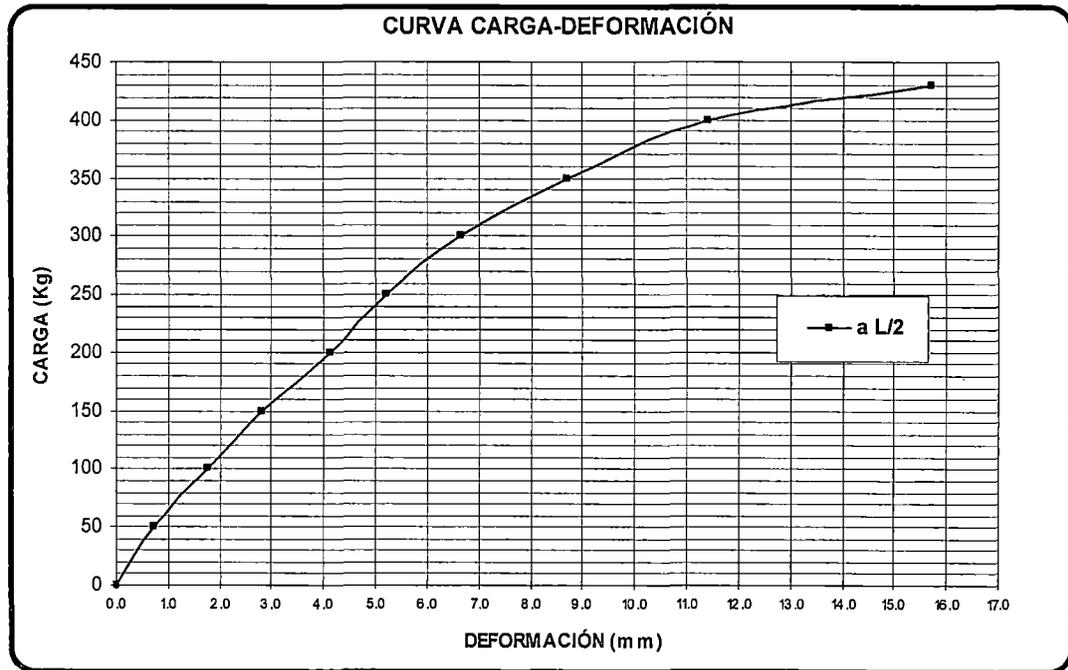
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.61
100	1.73
150	2.70
200	3.73
250	4.81
300	6.04
350	7.60
400	9.42
450	13.28
465	15.10



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-11
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-11	5 X 5	70

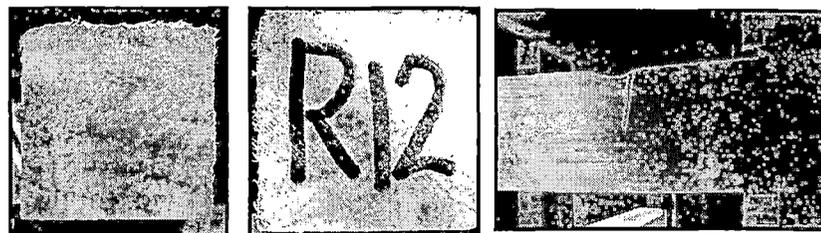
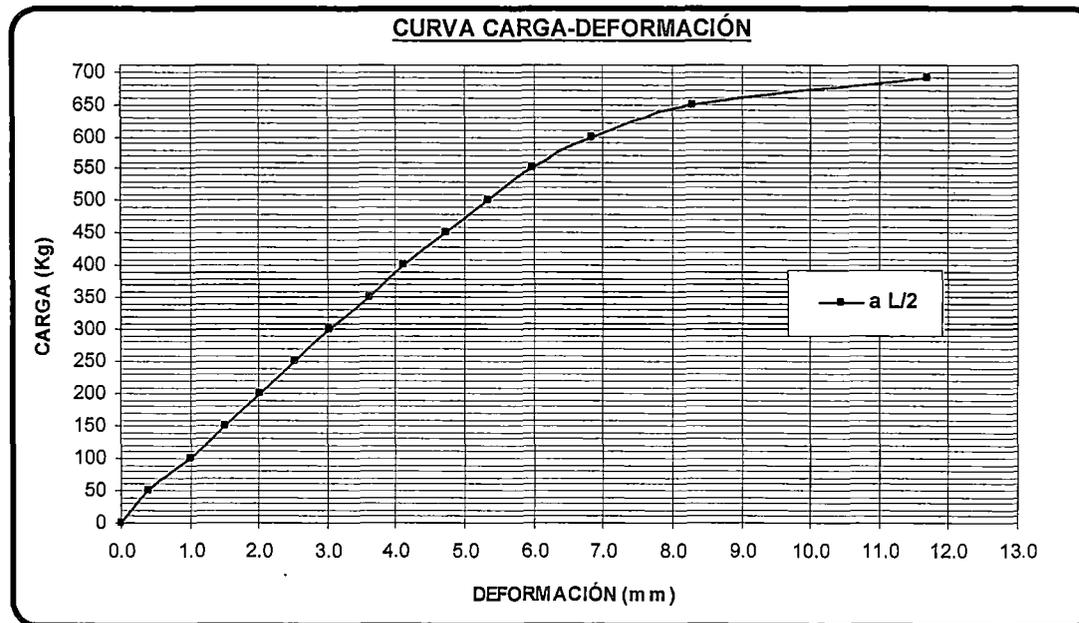
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.74
100	1.76
150	2.82
200	4.14
250	5.20
300	6.66
350	8.71
400	11.42
430	15.70



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-12
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-12	5 X 5	70

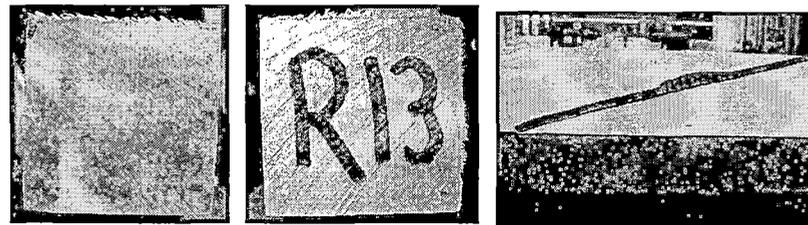
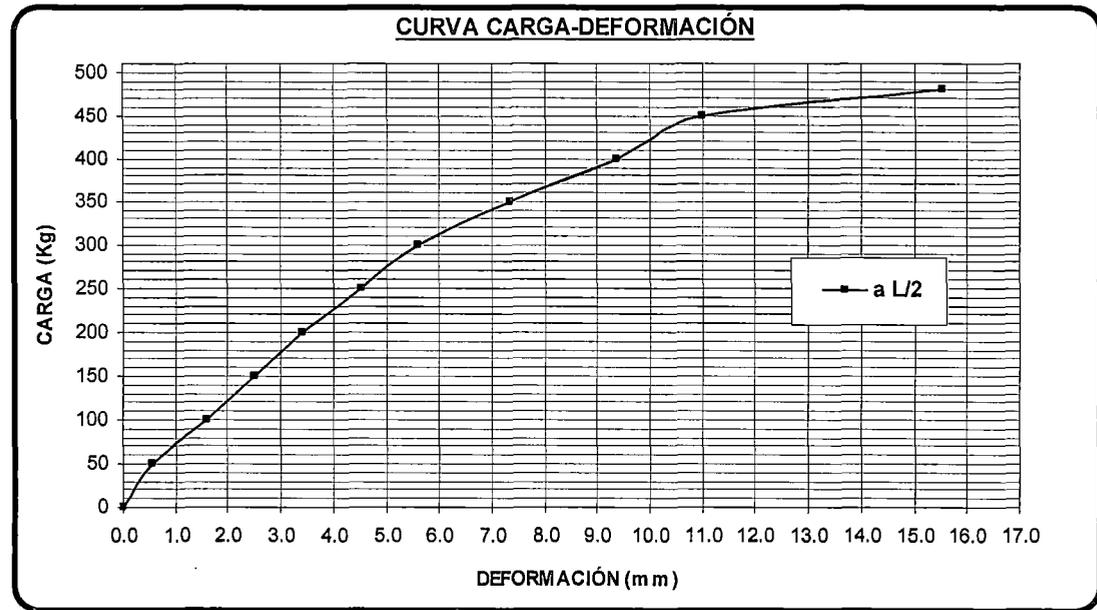
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.40
100	1.00
150	1.51
200	2.01
250	2.53
300	3.04
350	3.62
400	4.12
450	4.73
500	5.34
550	5.98
600	6.83
650	8.30
690	11.70



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-13
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-13	5 X 5	70

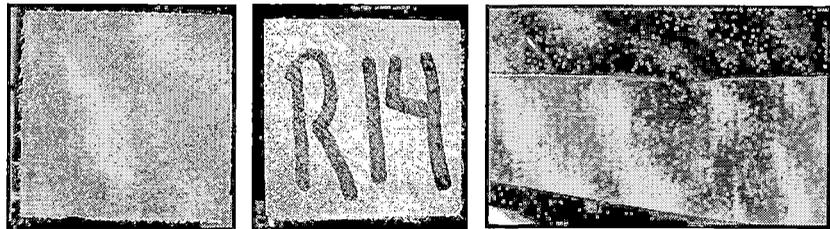
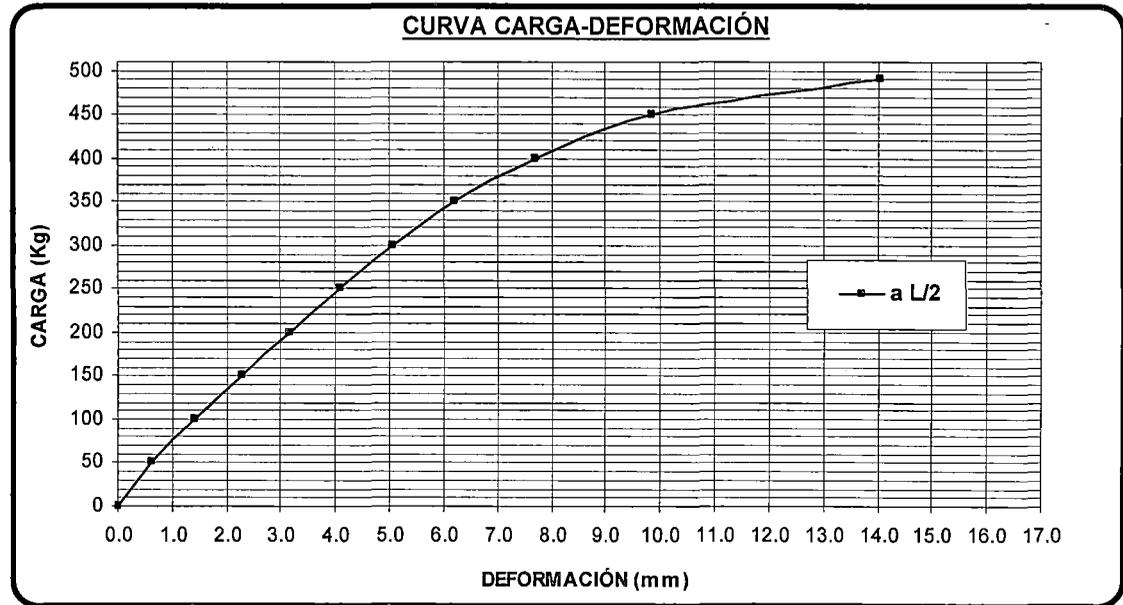
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.56
100	1.60
150	2.51
200	3.43
250	4.52
300	5.61
350	7.35
400	9.37
450	11.00
480	15.53



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-14
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-14	5 X 5	70

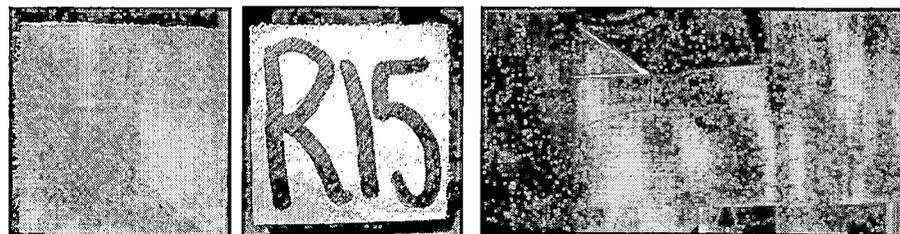
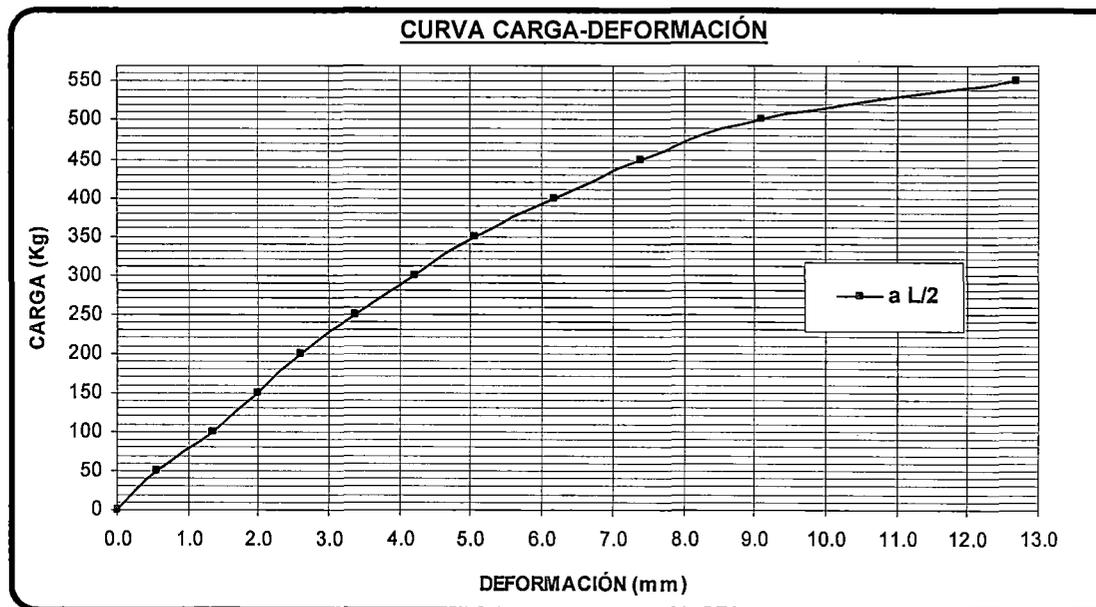
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.63
100	1.41
150	2.28
200	3.17
250	4.10
300	5.05
350	6.21
400	7.70
450	9.87
490	14.05



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-15
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

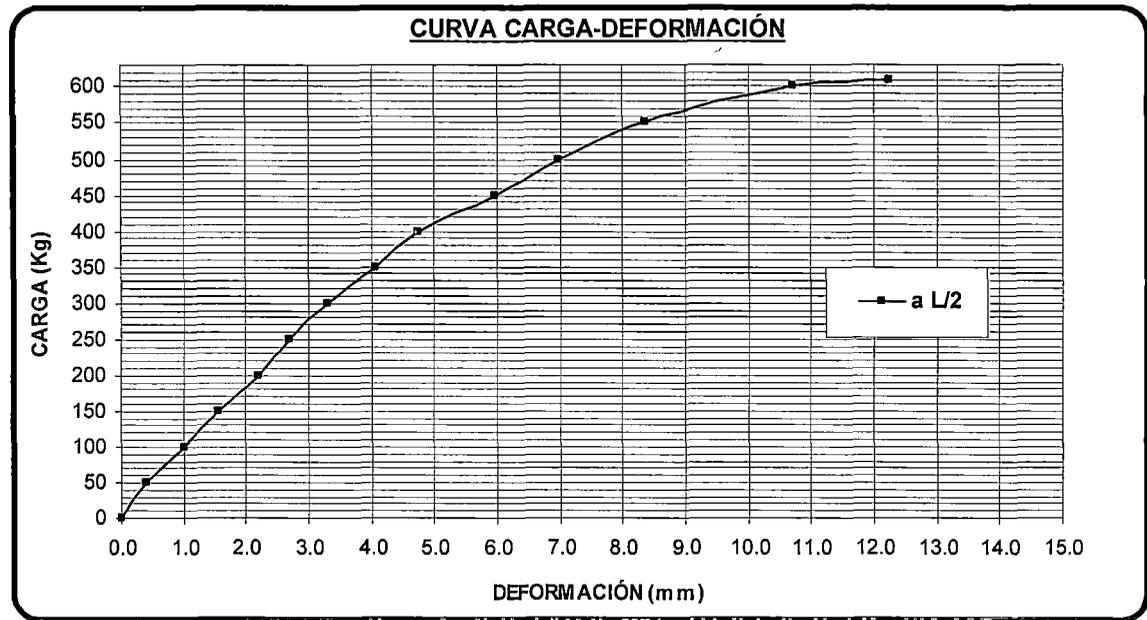
DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-15	5 X 5	70

Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.56
100	1.35
150	1.98
200	2.61
250	3.37
300	4.23
350	5.08
400	6.18
450	7.39
500	9.11
550	12.67



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-16
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-16	5 X 5	70



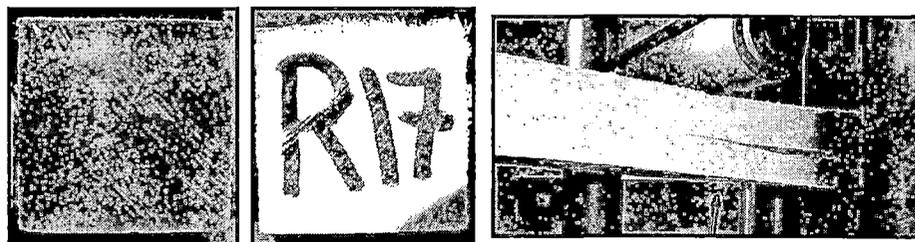
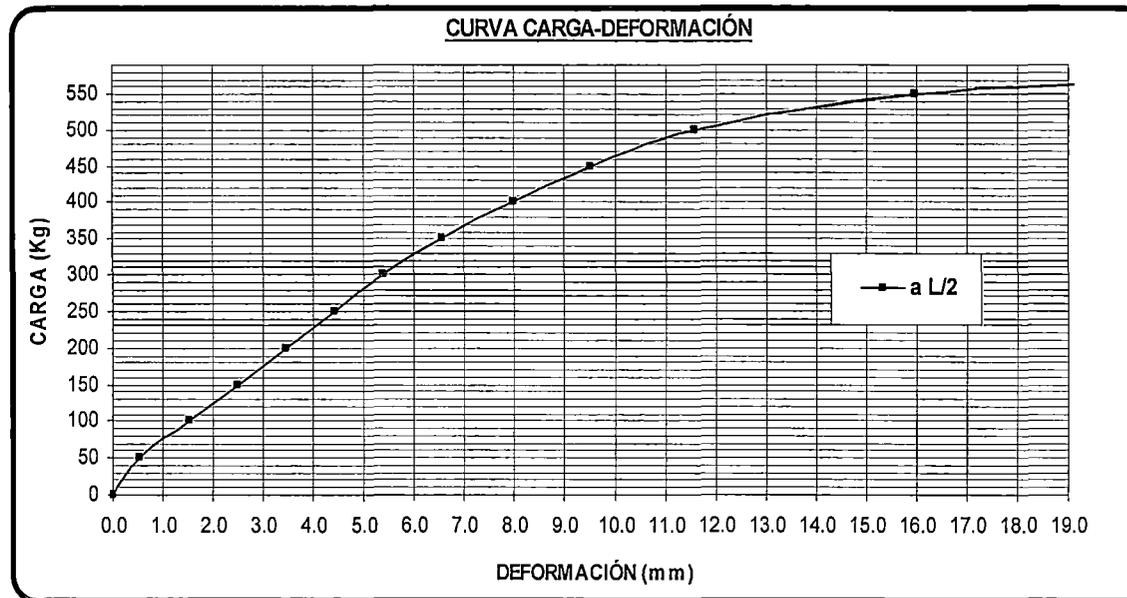
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.40
100	1.00
150	1.56
200	2.20
250	2.70
300	3.30
350	4.06
400	4.76
450	5.97
500	6.98
550	8.36
600	10.70
610	12.25



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-17
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-17	5 X 5	70

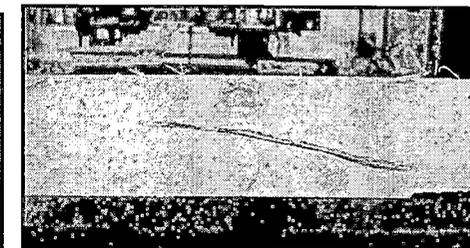
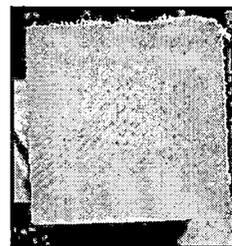
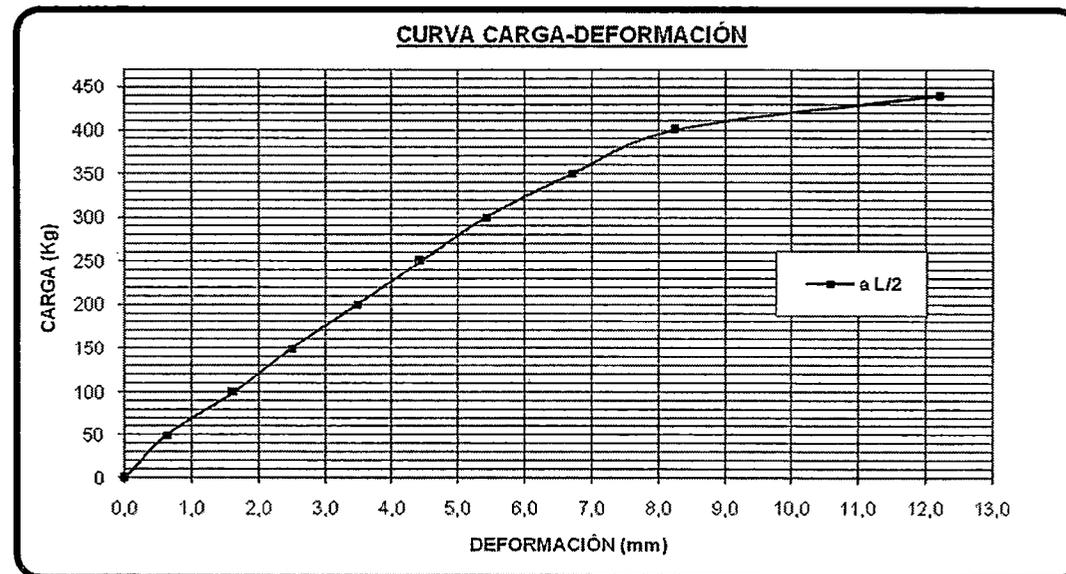
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.55
100	1.52
150	2.50
200	3.45
250	4.43
300	5.38
350	6.55
400	7.98
450	9.52
500	11.58
550	15.98
570	21.30



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-18
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-18	5 X 5	70

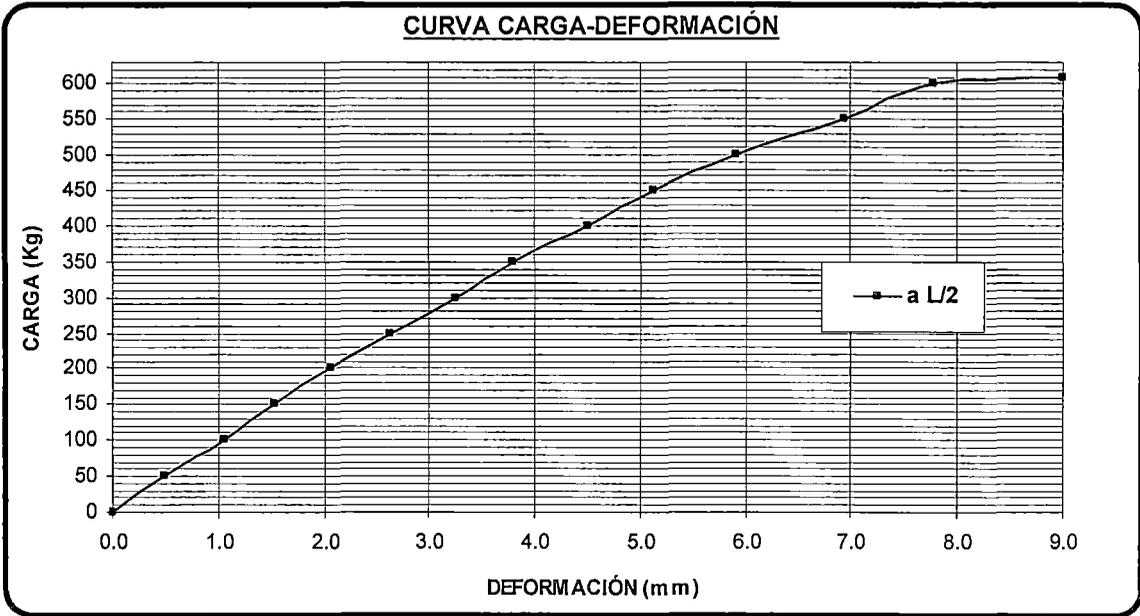
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.63
100	1.63
150	2.50
200	3.49
250	4.43
300	5.42
350	6.70
400	8.25
440	12.20



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-19
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-19	5 X 5	70

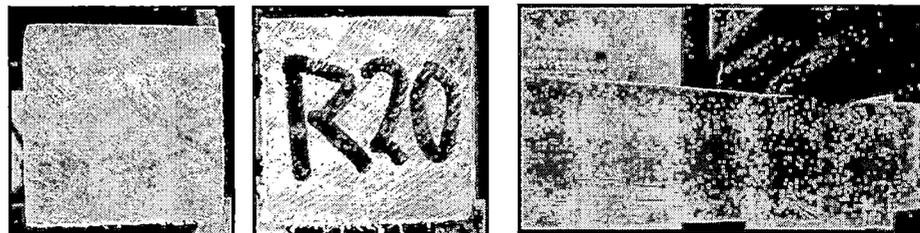
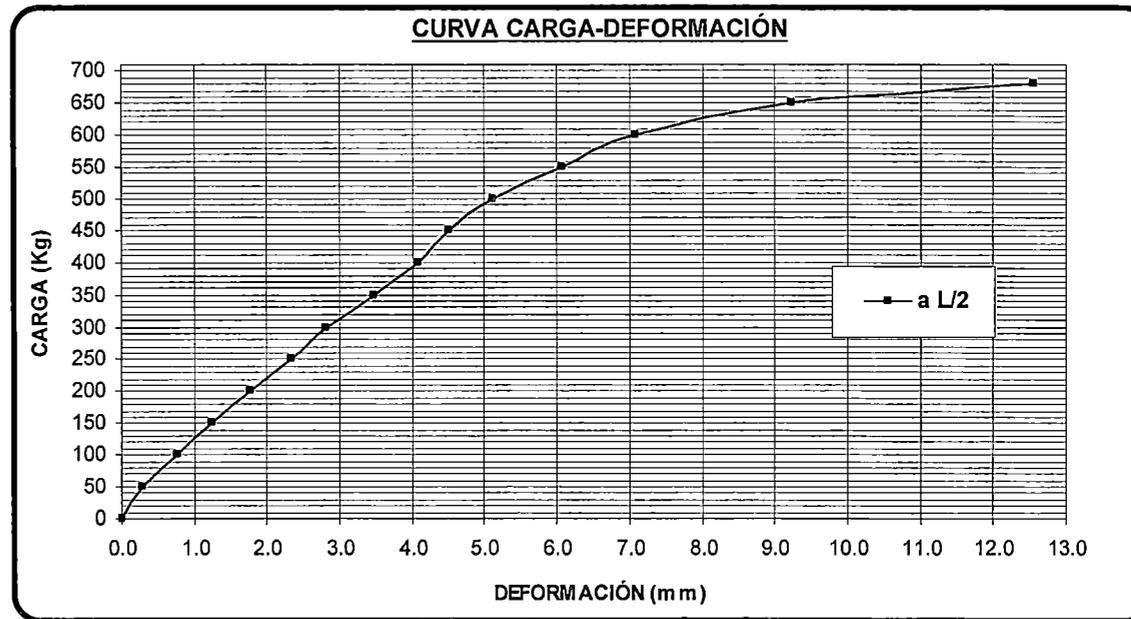
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.50
100	1.06
150	1.53
200	2.07
250	2.63
300	3.25
350	3.80
400	4.51
450	5.13
500	5.91
550	6.94
600	7.78
610	9.00



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-20
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-20	5 X 5	70

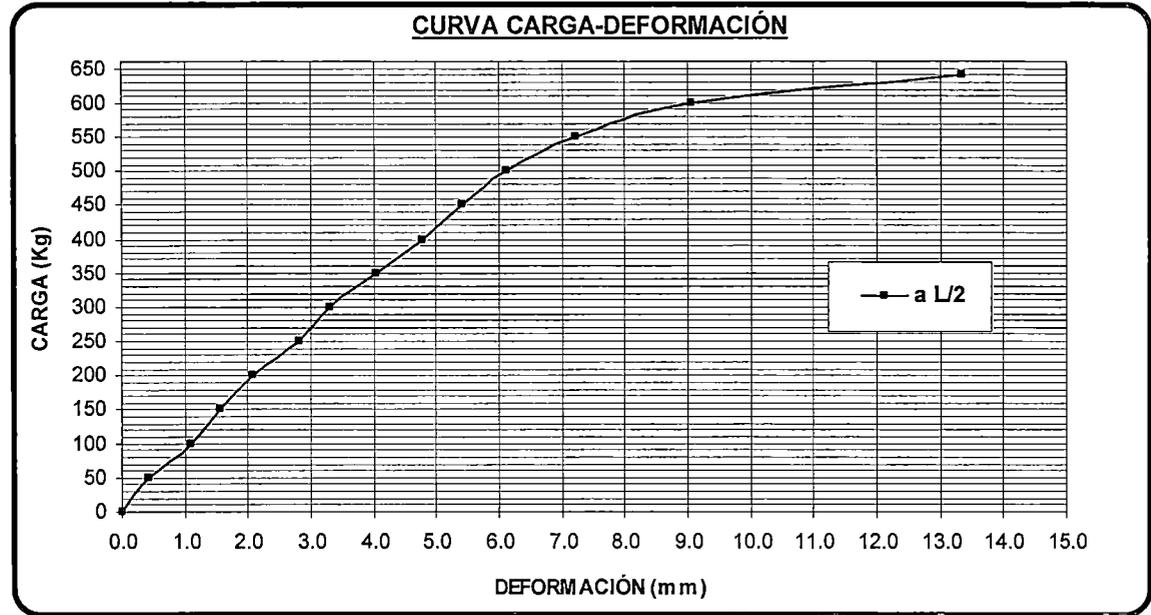
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.28
100	0.77
150	1.26
200	1.78
250	2.34
300	2.82
350	3.47
400	4.09
450	4.51
500	5.12
550	6.07
600	7.09
650	9.23
680	12.54



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-21
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-21	5 X 5	70

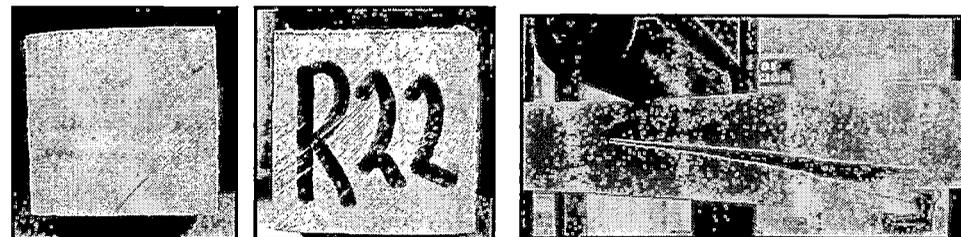
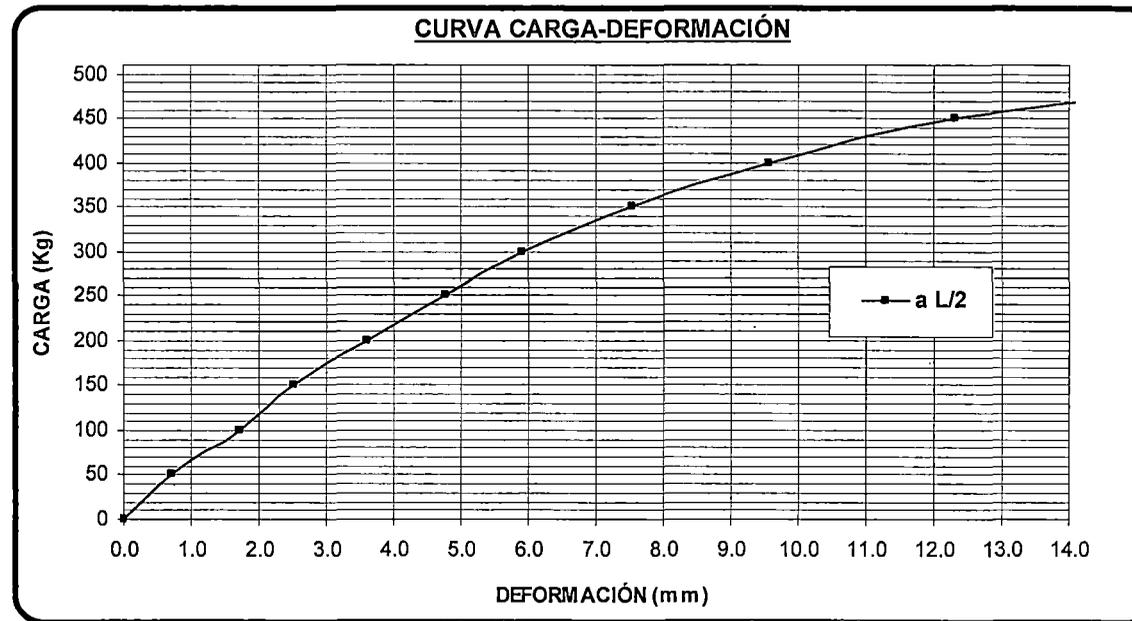
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.44
100	1.10
150	1.55
200	2.09
250	2.81
300	3.31
350	4.03
400	4.78
450	5.42
500	6.12
550	7.23
600	9.07
640	13.34



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-22
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-22	5 X 5	70

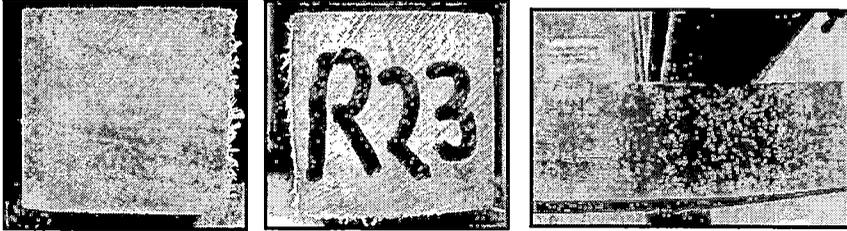
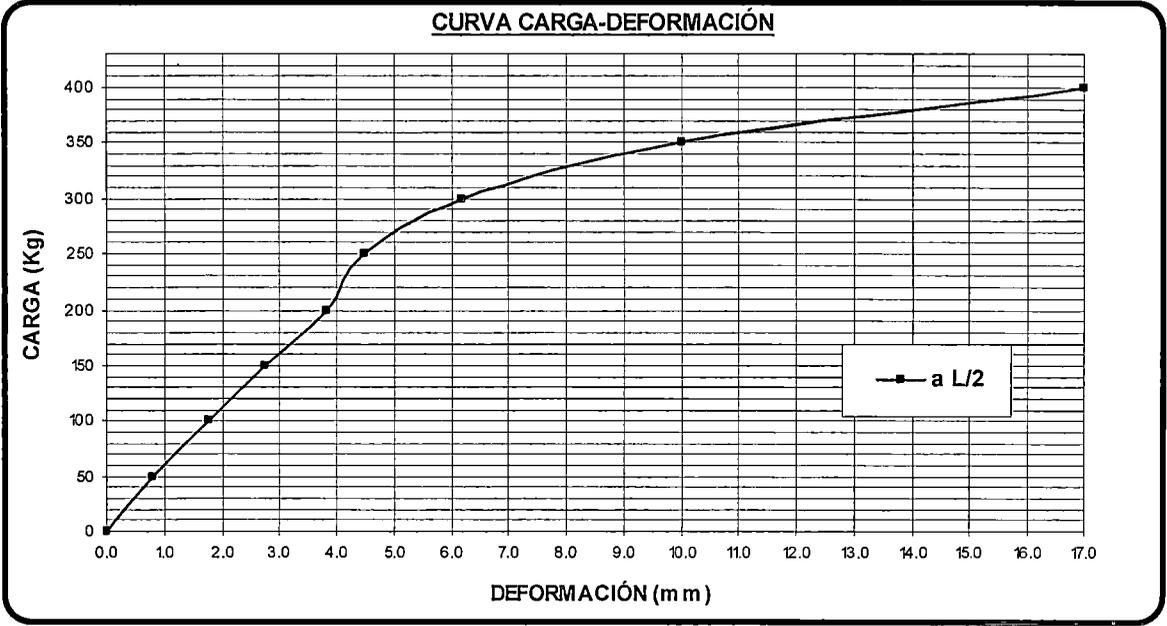
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.70
100	1.71
150	2.52
200	3.61
250	4.78
300	5.92
350	7.54
400	9.57
450	12.32
480	15.63



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-23
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-23	5 X 5	70

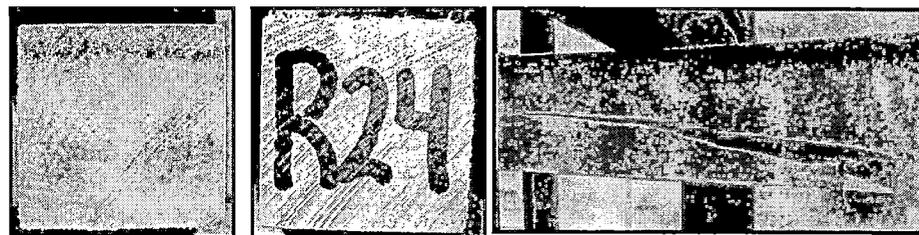
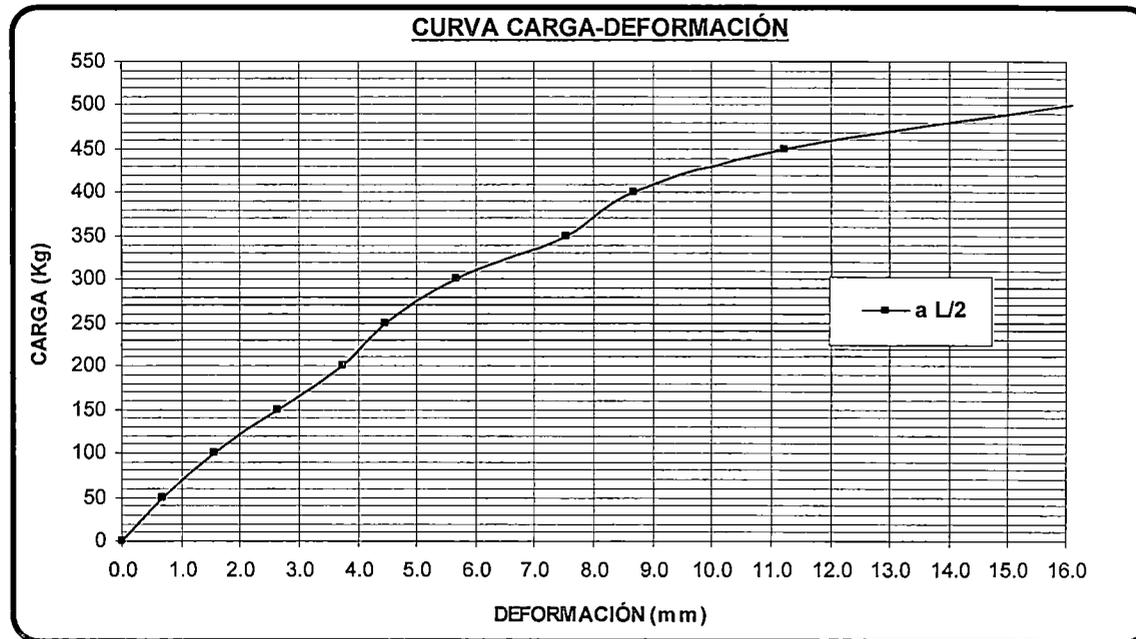
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.80
100	1.78
150	2.75
200	3.83
250	4.48
300	6.20
350	10.00
400	17.00
410	23.00



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-24
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-24	5 X 5	70

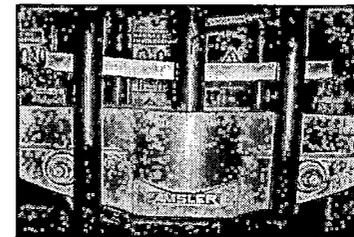
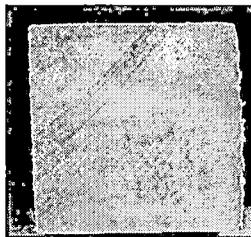
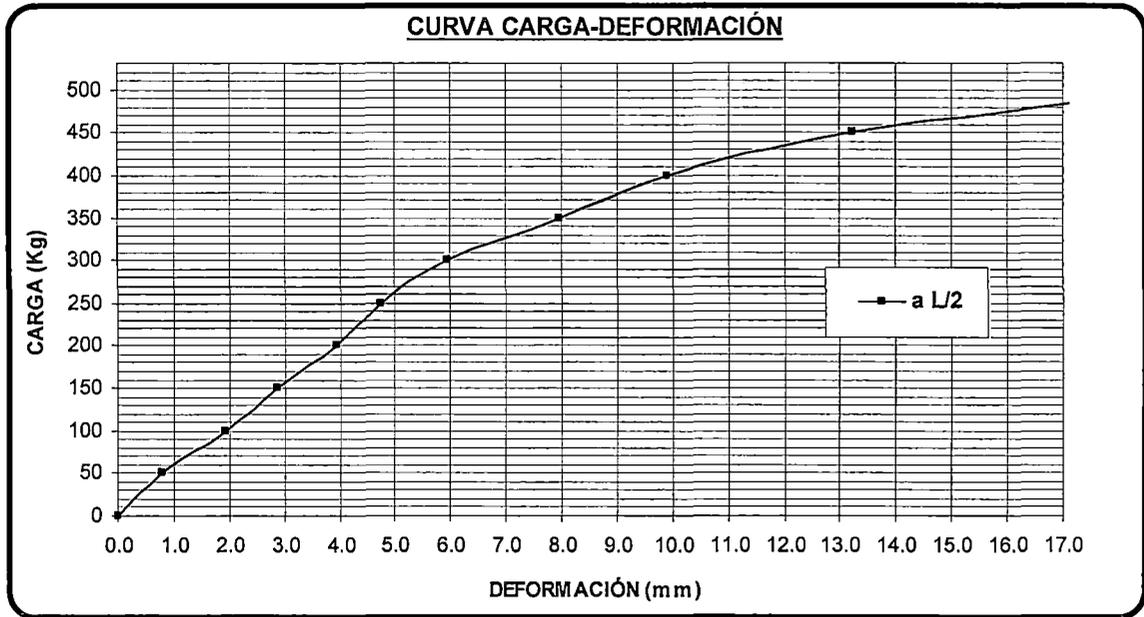
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.69
100	1.56
150	2.65
200	3.76
250	4.46
300	5.69
350	7.53
400	8.67
450	11.23
500	16.14
530	



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-25
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-25	5 X 5	70

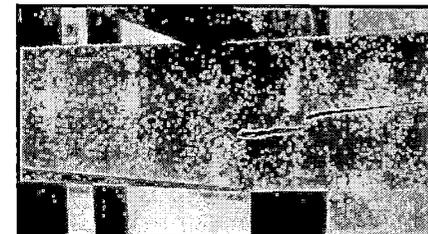
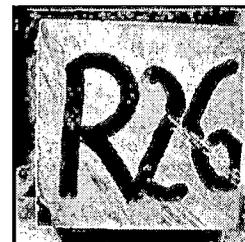
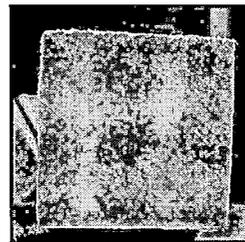
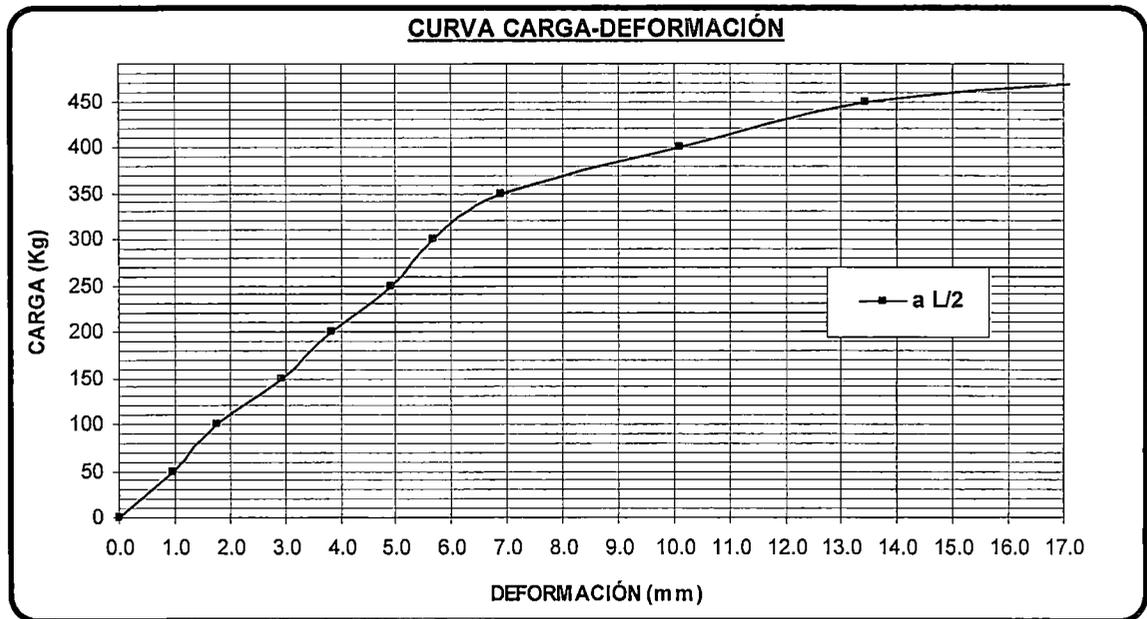
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.78
100	1.95
150	2.87
200	3.96
250	4.74
300	5.97
350	7.98
400	9.89
450	13.21
500	19.14
520	



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-26
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-26	5 X 5	70

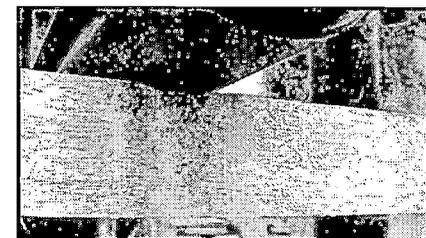
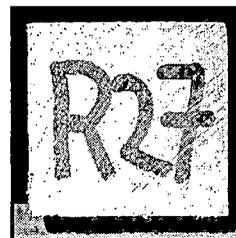
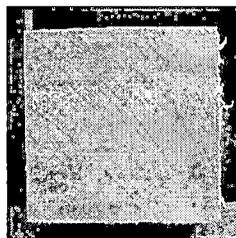
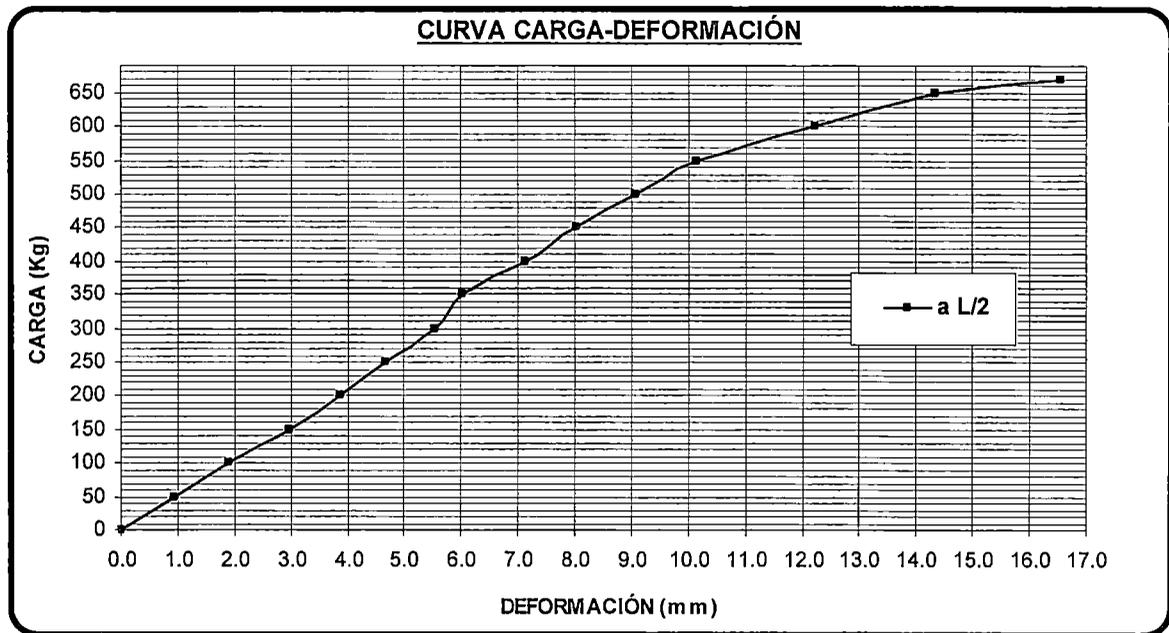
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.98
100	1.78
150	2.96
200	3.85
250	4.93
300	5.69
350	6.88
400	10.12
450	13.42
470	17.42



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-27
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-27	5 X 5	70

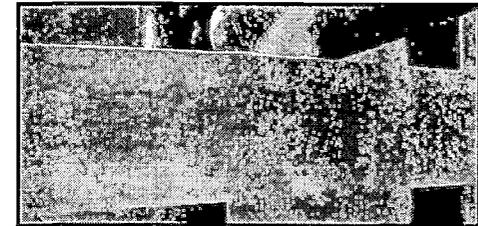
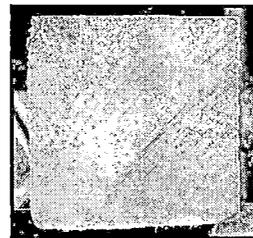
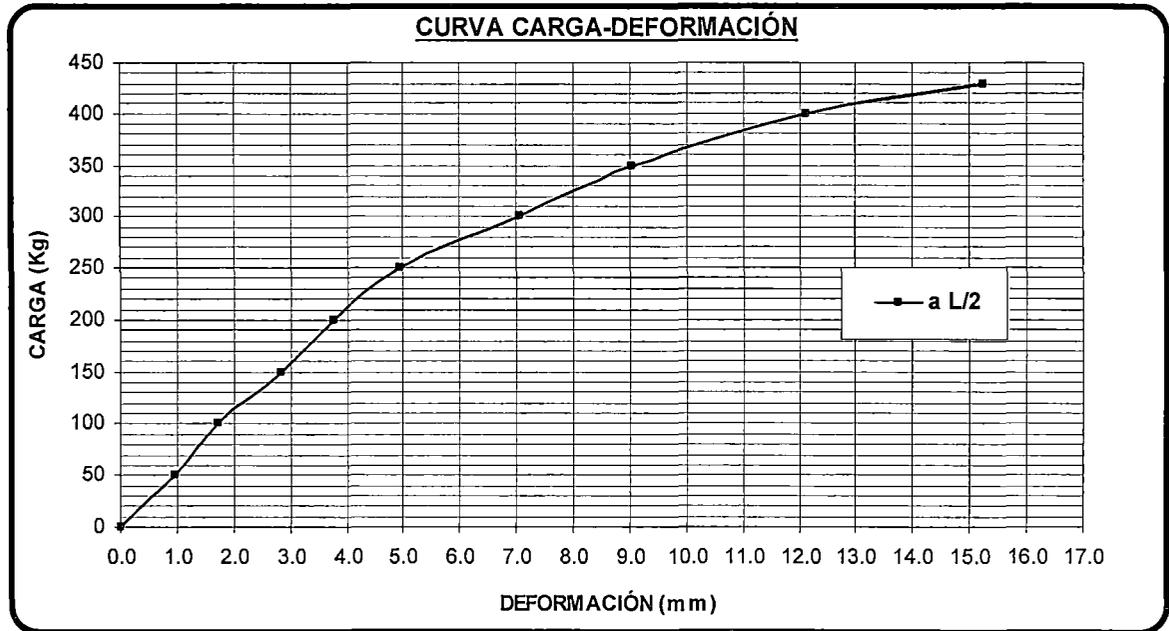
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.93
100	1.89
150	2.97
200	3.88
250	4.67
300	5.53
350	6.01
400	7.12
450	8.03
500	9.07
550	10.15
600	12.23
650	14.32
670	16.54



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-28
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-28	5 X 5	70

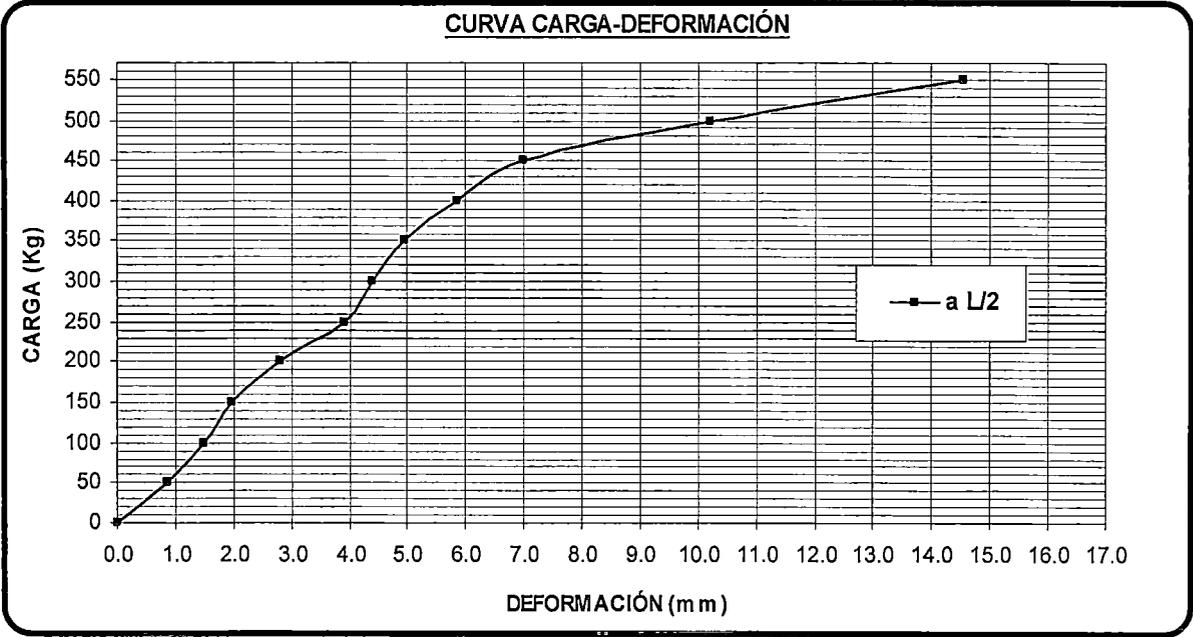
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.98
100	1.74
150	2.83
200	3.76
250	4.95
300	7.05
350	9.02
400	12.13
430	15.22



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-29
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-29	5 X 5	70

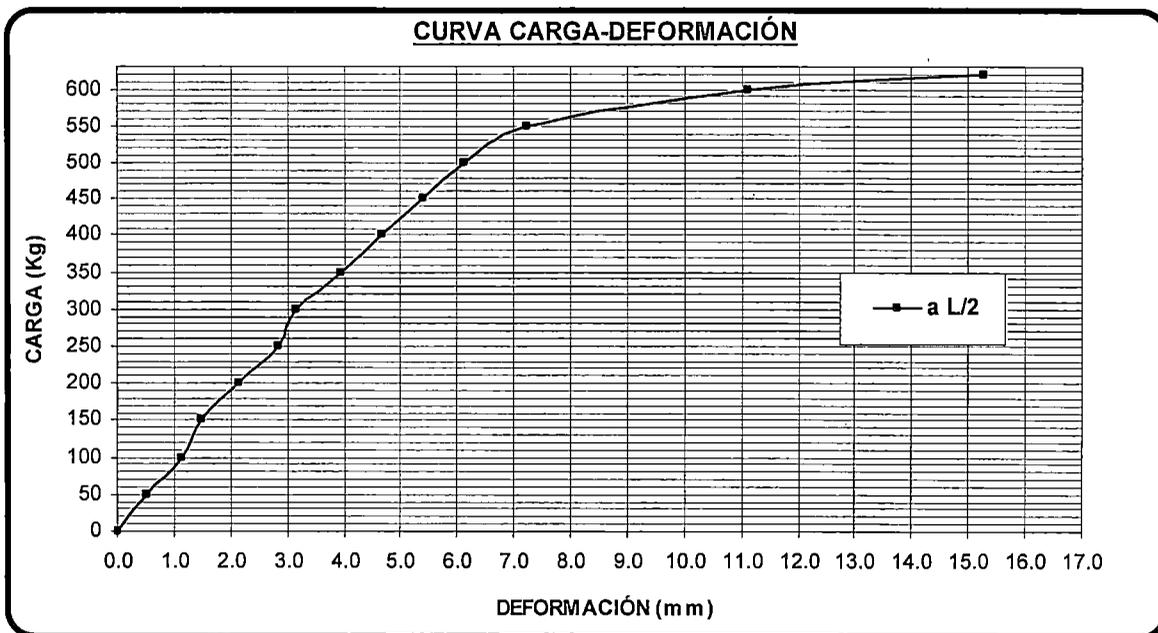
Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.87
100	1.49
150	1.98
200	2.79
250	3.90
300	4.38
350	4.96
400	5.86
450	6.98
500	10.20
550	14.55



REALIZADO POR	: BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO	ESPECIE	: PINO RADIATA
ASESOR	: ING. ISABEL MORONI NAKATA	PROCEDENCIA	: PORCON-CAJAMARCA
TESIS / PROYECTO	: CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA	PROBETA	: R-30
LUGAR DE ENSAYO	: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FIC – UNI	FECHA DE ENSAYO	: 2005

DATOS DE LA PROBETA		
CODIGO PROBETA	DIMENSIONES (cm)	
	SECCIÓN	LONGITUD
R-30	5 X 5	70

Carga (kg)	Deformación centro de luz (mm)
0	0.00
50	0.53
100	1.14
150	1.48
200	2.14
250	2.83
300	3.15
350	3.95
400	4.68
450	5.39
500	6.12
550	7.23
600	11.12
620	15.26



ANEXO III - ENSAYO A FLEXIÓN VIGAS A ESCALA NATURAL

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 VIGA : R- 131
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	140	1.5	1.7
50	0.1	0.1	150	1.7	1.9
60	0.2	0.2	160	1.9	2.2
70	0.3	0.4	170	2.1	2.4
80	0.4	0.6	180	2.3	2.6
90	0.7	0.8	190	2.5	2.8
100	0.8	0.9	200	2.6	2.9
110	1.0	1.1	210	2.8	3.2
120	1.2	1.4	220	3.0	3.4
130	1.4	1.6			

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE Donde:

y : Carga en kg x : Deformación en cm

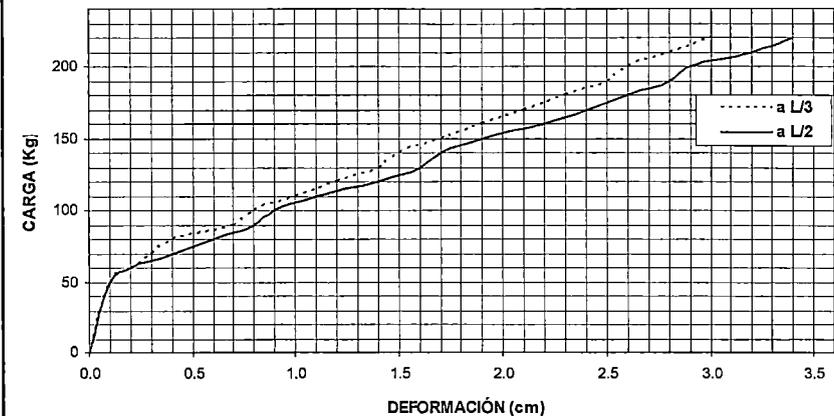
b : Pendiente a : Constante

r²: Coeficiente de correlación

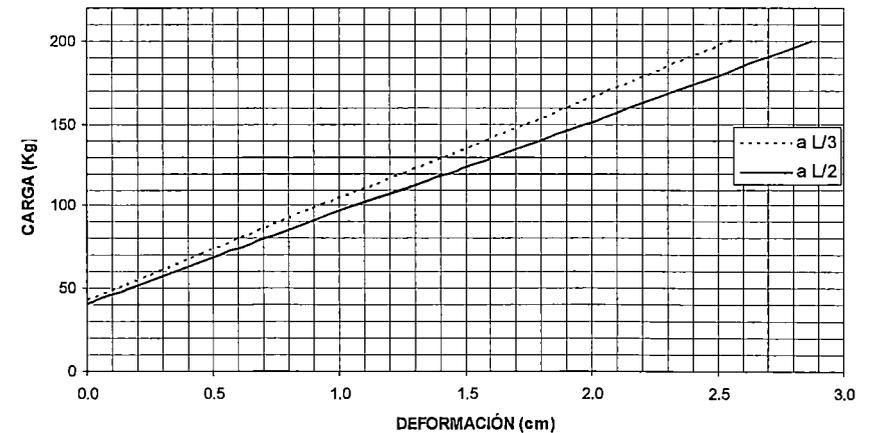
Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	61.955	55.540
a	42.208	40.544
r ²	0.952	0.956

Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$
 Los valores tomados corresponden al límite elástico.

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN



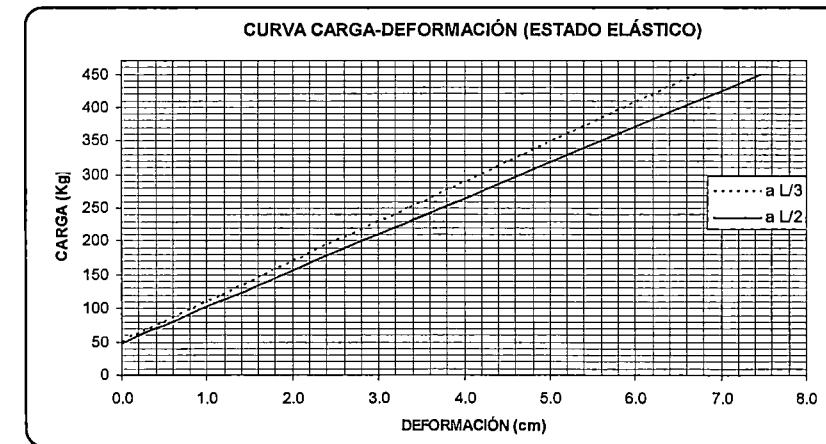
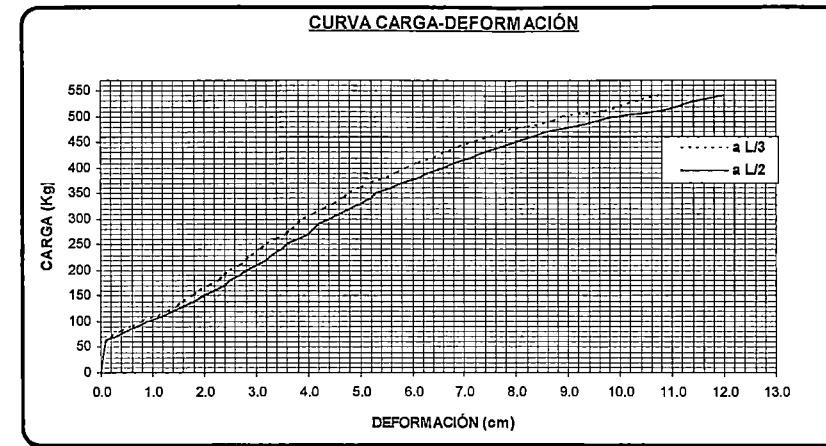
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN (ESTADO ELÁSTICO)



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 215
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	310	4.1	4.6
60	0.1	0.1	320	4.3	4.8
70	0.2	0.3	330	4.5	5.0
80	0.4	0.5	340	4.7	5.2
90	0.6	0.7	350	4.8	5.3
100	0.8	0.9	360	5.0	5.6
110	1.1	1.2	370	5.2	5.8
120	1.3	1.4	380	5.5	6.1
130	1.5	1.6	390	5.7	6.3
140	1.6	1.8	400	5.9	6.6
150	1.8	2.0	410	6.1	6.8
160	1.9	2.2	420	6.4	7.1
170	2.1	2.4	430	6.7	7.4
180	2.3	2.5	440	6.9	7.7
190	2.4	2.7	450	7.2	8.0
200	2.5	2.8	460	7.5	8.3
210	2.7	3.0	470	7.7	8.6
220	2.8	3.2	480	8.2	9.1
230	2.9	3.3	490	8.7	9.5
240	3.1	3.5	500	8.9	9.9
250	3.2	3.6	510	9.7	10.7
260	3.4	3.8	520	10.0	11.1
270	3.6	4.0	530	10.4	11.5
280	3.7	4.1	540	10.8	12.0
290	3.8	4.2	550	11.2	12.5
300	3.9	4.4			

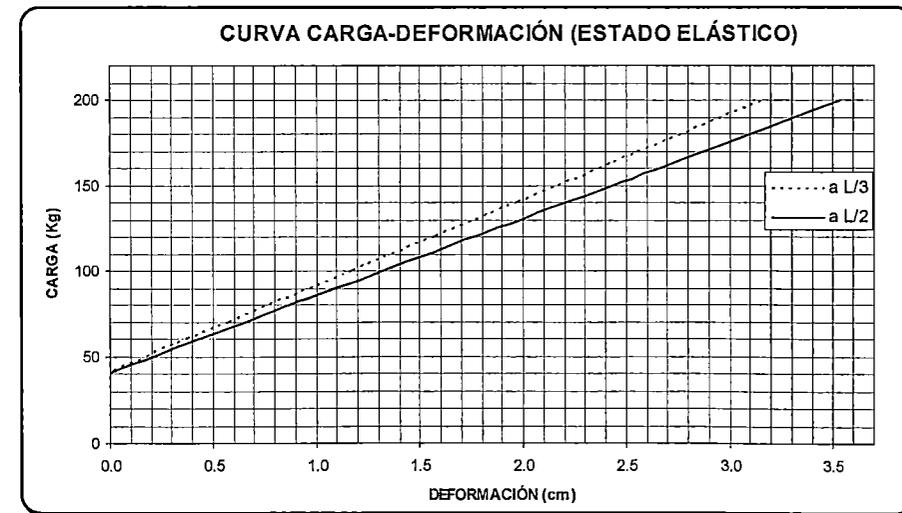
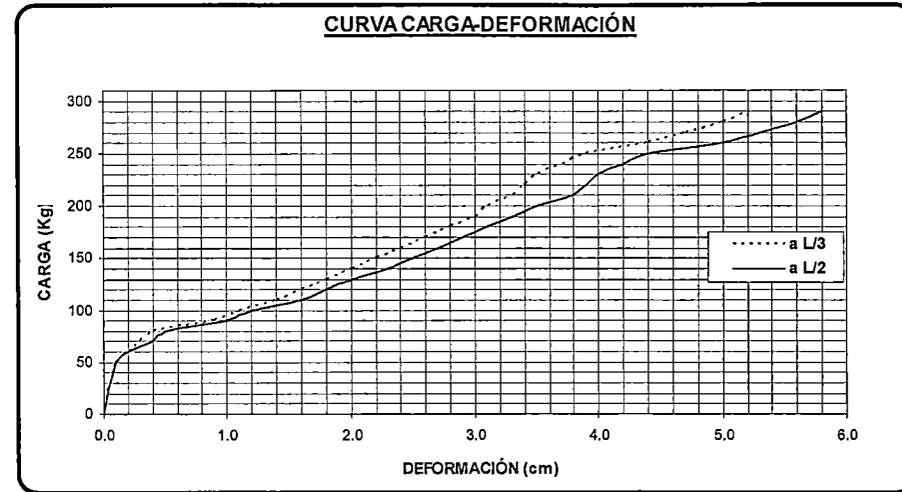


Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	59.649	53.823
a	49.903	48.584
r ²	0.989	0.989

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 529
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	170	2.6	2.9
50	0.1	0.1	180	2.8	3.1
60	0.2	0.2	190	3.0	3.3
70	0.3	0.4	200	3.1	3.5
80	0.4	0.5	210	3.3	3.8
90	0.9	1.0	220	3.4	3.9
100	1.1	1.2	230	3.5	4.0
110	1.4	1.6	240	3.7	4.2
120	1.6	1.8	250	3.9	4.4
130	1.8	2.0	260	4.4	5.0
140	2.0	2.3	270	4.7	5.3
150	2.2	2.5	280	5.0	5.6
160	2.4	2.7	290	5.2	5.8



APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE
 Donde:
 y : Carga en kg x : Deformación en cm
 b : Pendiente a : Constante
 r²: Coeficiente de correlación

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	50.131	45.043
a	41.271	40.545
r ²	0.951	0.953

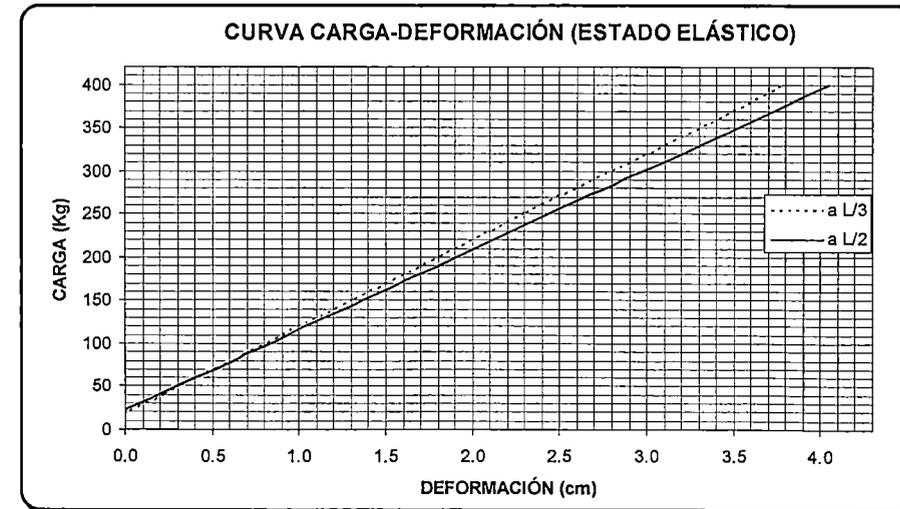
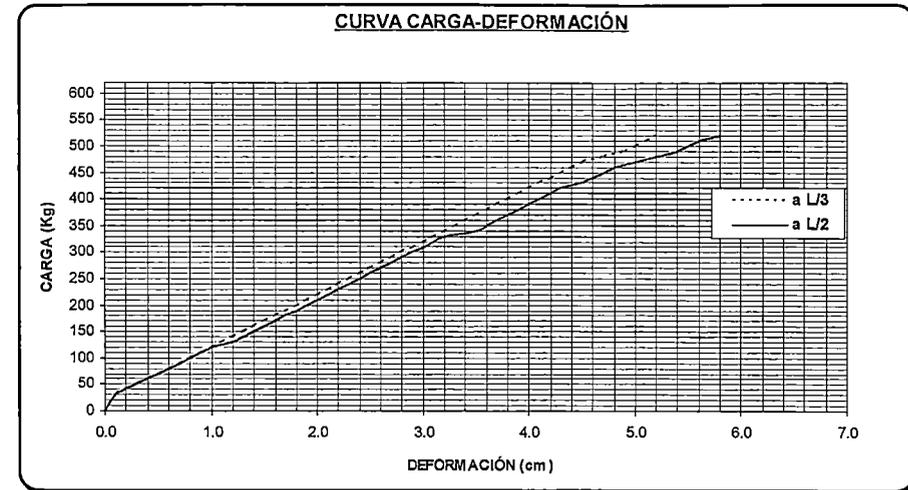
Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$
 Los valores tomados corresponden al límite elástico.

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 415
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	280	2.6	2.7
30	0.1	0.1	290	2.7	2.8
40	0.2	0.2	300	2.8	2.9
50	0.3	0.3	310	2.9	3.0
60	0.4	0.4	320	3.0	3.1
70	0.5	0.5	330	3.1	3.2
80	0.6	0.6	340	3.2	3.5
90	0.7	0.7	350	3.3	3.6
100	0.8	0.8	360	3.4	3.7
110	0.9	0.9	370	3.5	3.8
120	1.0	1.0	380	3.6	3.9
130	1.1	1.2	390	3.7	4.0
140	1.2	1.3	400	3.8	4.1
150	1.3	1.4	410	3.9	4.2
160	1.4	1.5	420	4.0	4.3
170	1.5	1.6	430	4.1	4.5
180	1.6	1.7	440	4.2	4.6
190	1.7	1.8	450	4.3	4.7
200	1.8	1.9	460	4.4	4.8
210	1.9	2.0	470	4.5	5.0
220	2.0	2.1	480	4.7	5.2
230	2.1	2.2	490	4.9	5.4
240	2.2	2.3	500	5.0	5.5
250	2.3	2.4	510	5.1	5.6
260	2.4	2.5	520	5.2	5.8
270	2.5	2.6			

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	100.769	93.433
a	17.683	21.903
r ²	0.999	0.997



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA

REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO

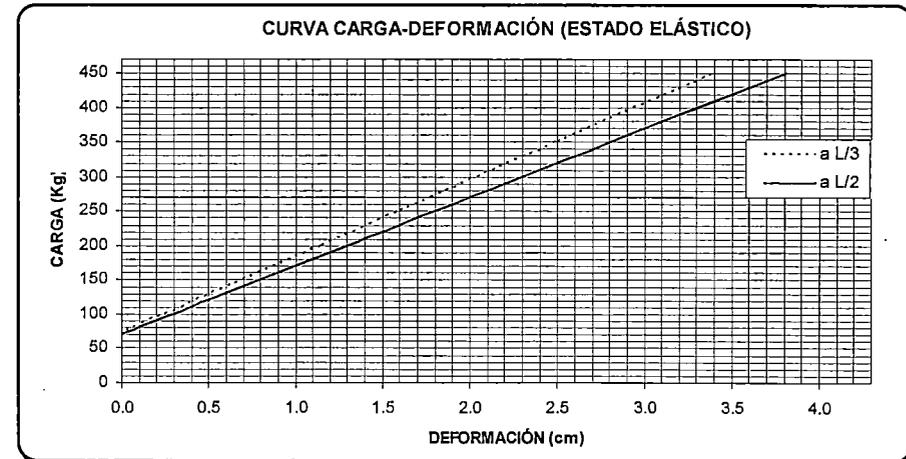
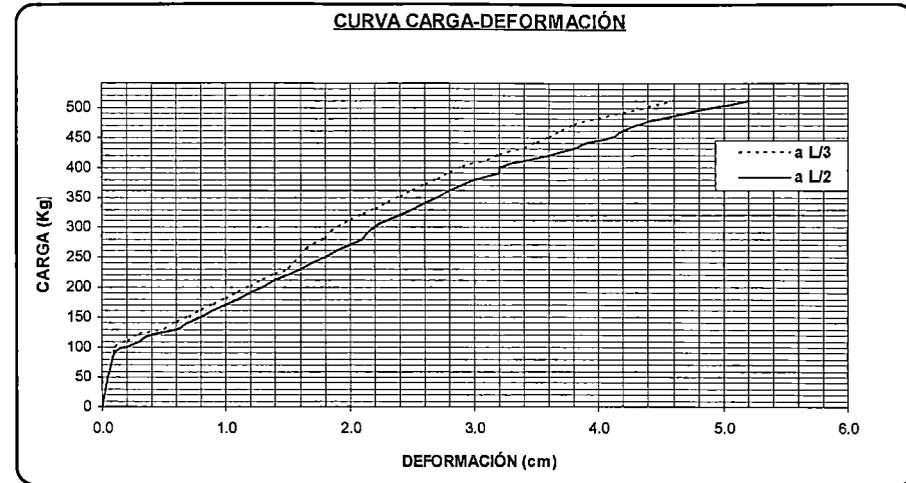
ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA

ESPECIE : PINO RADIATA

PROBETA : R- 321

FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	300	1.9	2.2
90	0.1	0.1	310	2.0	2.3
100	0.1	0.2	320	2.1	2.4
110	0.2	0.3	330	2.2	2.5
120	0.3	0.4	340	2.3	2.6
130	0.5	0.6	350	2.4	2.7
140	0.6	0.7	360	2.5	2.8
150	0.7	0.8	370	2.6	2.9
160	0.8	0.9	380	2.7	3.0
170	0.9	1.0	390	2.8	3.2
180	1.0	1.1	400	2.9	3.2
190	1.1	1.2	410	3.1	3.4
200	1.2	1.3	420	3.2	3.6
210	1.3	1.4	430	3.4	3.8
220	1.4	1.5	440	3.5	3.9
230	1.5	1.6	450	3.6	4.1
240	1.6	1.7	460	3.7	4.2
250	1.6	1.8	470	3.8	4.3
260	1.7	1.9	480	4.0	4.5
270	1.7	2.0	490	4.2	4.7
280	1.8	2.1	500	4.4	4.9
290	1.9	2.2	510	4.6	5.2

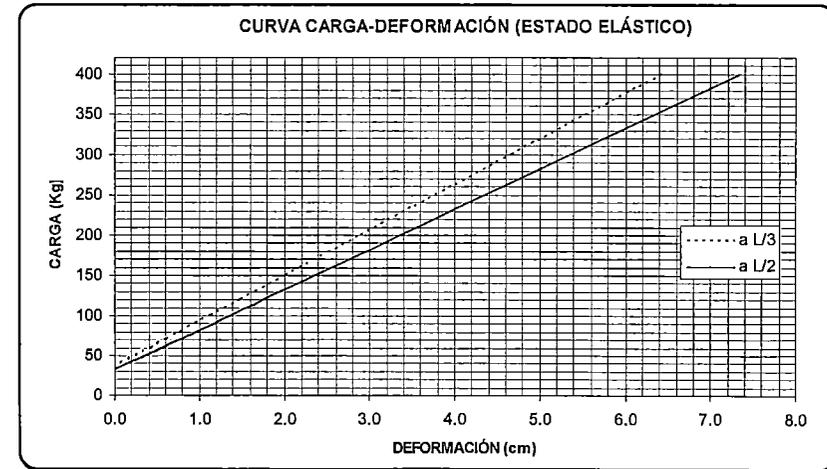
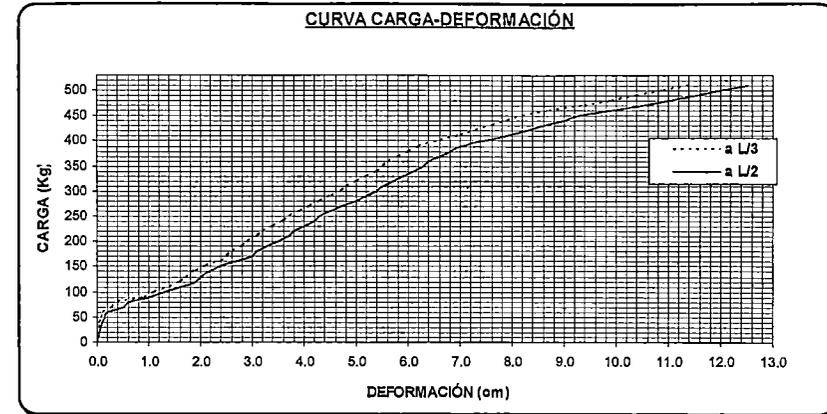


Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	111.016	99.660
a	72.852	70.525
r ²	0.981	0.984

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 216
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	280	4.3	5.0
40	0.1	0.1	290	4.5	5.2
50	0.1	0.2	300	4.7	5.4
60	0.1	0.2	310	4.8	5.5
70	0.3	0.5	320	5.0	5.7
80	0.4	0.6	330	5.2	5.9
90	0.9	1.0	340	5.4	6.1
100	1.1	1.3	350	5.5	6.3
110	1.4	1.6	360	5.6	6.4
120	1.6	1.9	370	5.8	6.6
130	1.7	2.0	380	6.0	6.8
140	1.9	2.2	390	6.2	7.0
150	2.1	2.4	400	6.6	7.5
160	2.4	2.7	410	7.0	7.9
170	2.5	3.0	420	7.3	8.3
180	2.6	3.1	430	7.6	8.6
190	2.8	3.3	440	7.9	9.0
200	2.9	3.5	450	8.2	9.3
210	3.1	3.7	460	8.7	9.9
220	3.2	3.8	470	9.4	10.5
230	3.4	4.0	480	9.9	11.0
240	3.6	4.2	490	10.4	11.5
250	3.7	4.3	500	10.9	12.0
260	3.9	4.5	510	11.4	12.5
270	4.1	4.7			

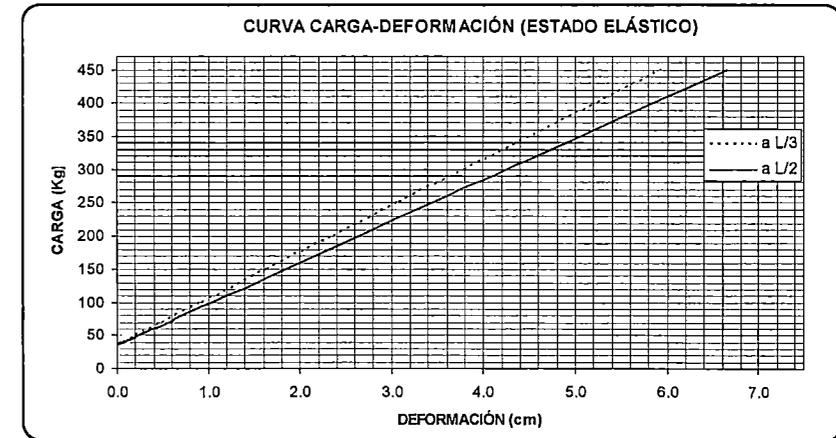
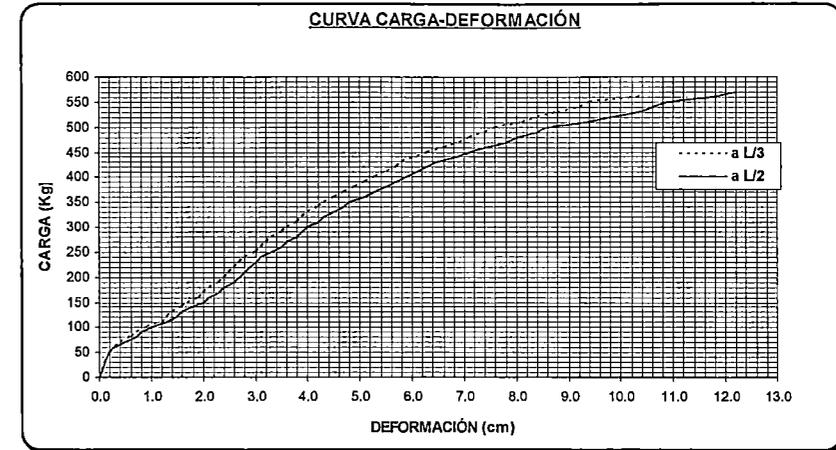


Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	56.553	50.165
a	36.441	31.834
r ²	0.994	0.994

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 512
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	310	3.8	4.2
50	0.2	0.2	320	3.9	4.3
60	0.3	0.3	330	4.0	4.5
70	0.4	0.5	340	4.2	4.7
80	0.6	0.7	350	4.3	4.8
90	0.7	0.8	360	4.5	5.1
100	0.9	1.0	370	4.7	5.3
110	1.2	1.3	380	4.9	5.5
120	1.3	1.5	390	5.1	5.7
130	1.4	1.6	400	5.3	5.9
140	1.6	1.8	410	5.5	6.1
150	1.7	2.0	420	5.7	6.3
160	1.9	2.1	430	5.8	6.5
170	2.0	2.3	440	6.1	6.9
180	2.1	2.4	450	6.3	7.1
190	2.3	2.6	460	6.6	7.4
200	2.4	2.7	470	6.9	7.8
210	2.5	2.8	480	7.1	8.0
220	2.6	2.9	490	7.4	8.4
230	2.7	3.0	500	7.6	8.6
240	2.8	3.1	510	8.1	9.3
250	3.0	3.3	520	8.4	9.8
260	3.1	3.5	530	8.8	10.3
270	3.2	3.6	540	9.2	10.6
280	3.3	3.8	550	9.4	10.9
290	3.5	3.9	560	10.3	11.7
300	3.6	4.0	570	10.4	12.2



Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	69.683	62.336
a	35.995	35.372
r ²	0.992	0.992

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 122
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	170	2.3	2.5
60	0.1	0.1	180	2.4	2.7
70	0.3	0.3	190	2.5	2.8
80	0.5	0.5	200	2.7	3.0
90	0.6	0.6	210	2.9	3.2
100	0.9	0.9	220	3.0	3.3
110	1.1	1.2	230	3.1	3.4
120	1.3	1.3	240	3.2	3.5
130	1.5	1.6	250	3.3	3.7
140	1.7	1.8	260	3.5	3.9
150	1.9	2.0	270	3.6	4.0
160	2.1	2.3	280	3.8	4.2

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Donde:

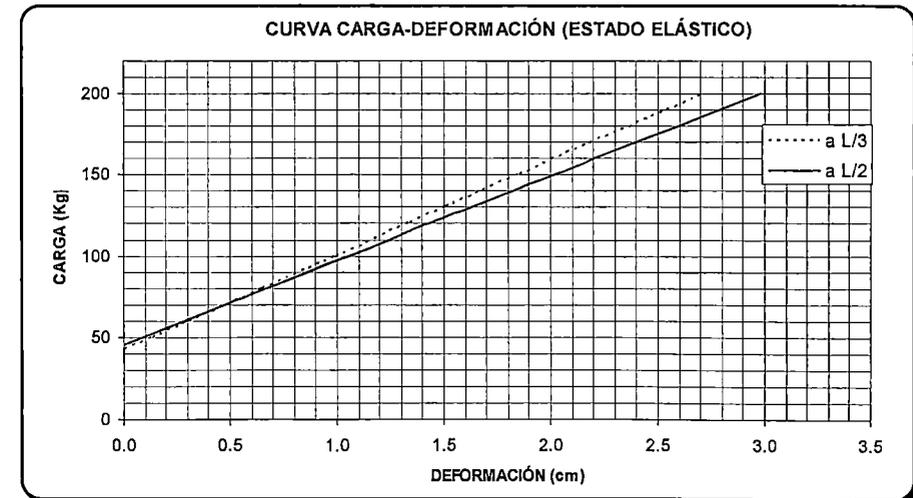
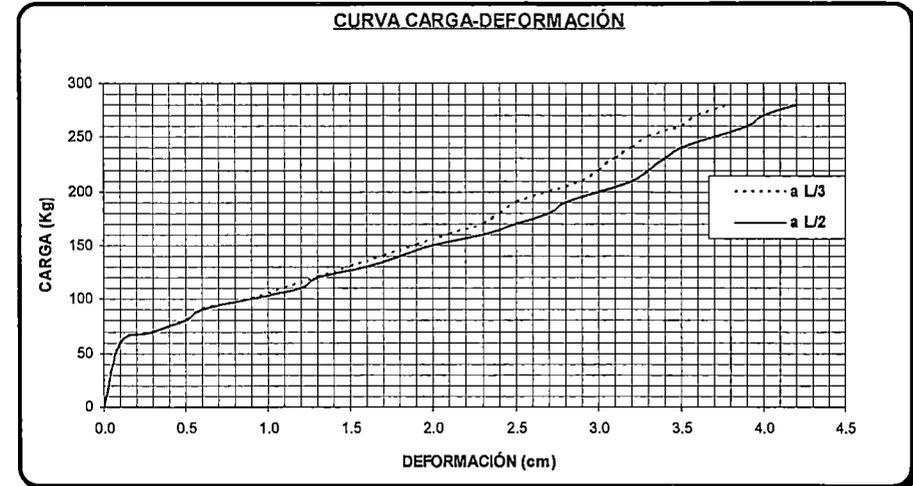
y : Carga en kg x : Deformación en cm

b : Pendiente a : Constante

r²: Coeficiente de correlación

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	58.300	51.845
a	42.076	45.403
r ²	0.945	0.939

Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$
 Los valores tomados corresponden al límite elástico.



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

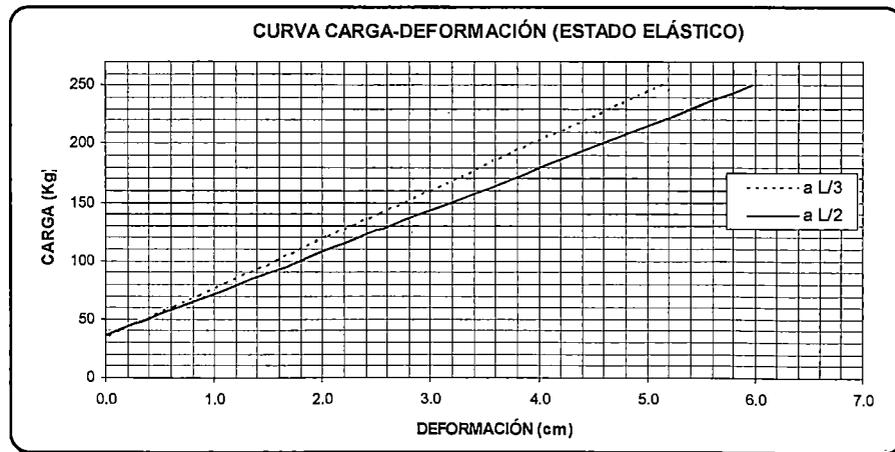
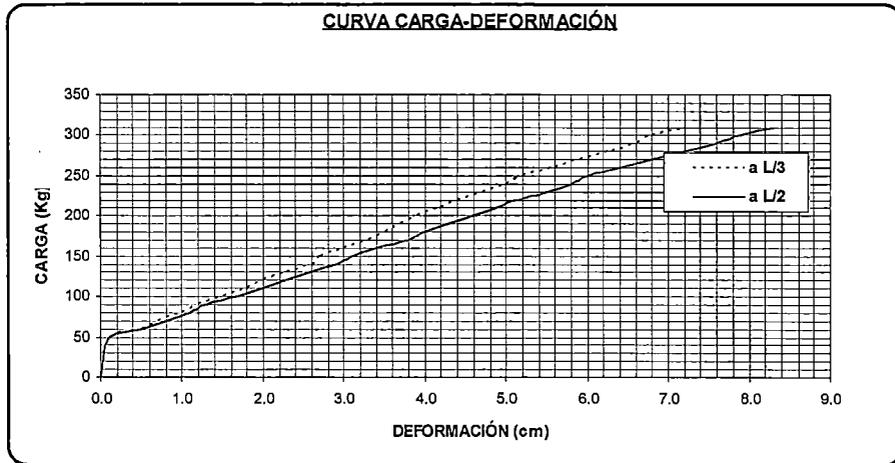
TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 231
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	180	3.5	4.0
50	0.1	0.1	190	3.7	4.3
60	0.5	0.5	200	3.9	4.6
70	0.7	0.8	210	4.2	4.9
80	1.0	1.1	220	4.4	5.1
90	1.2	1.3	230	4.7	5.5
100	1.5	1.7	240	5.0	5.8
110	1.8	2.0	250	5.2	6.0
120	2.0	2.3	260	5.6	6.4
130	2.3	2.6	270	5.9	6.8
140	2.6	2.9	280	6.3	7.2
150	2.7	3.1	290	6.6	7.6
160	3.0	3.4	300	6.8	7.9
170	3.3	3.8	310	7.2	8.3

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Donde:
 y : Carga en kg x : Deformación en cm
 b : Pendiente a : Constante
 r^2 : Coeficiente de correlación

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	42.015	35.814
a	33.753	36.064
r^2	0.985	0.984



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 218
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.000	0.000	130	2.4	2.6
50	0.3	0.1	140	2.8	2.9
60	0.6	0.7	150	3.1	3.3
70	0.8	0.9	160	3.5	3.7
80	1.2	1.3	170	4.0	4.2
90	1.4	1.6	180	4.4	4.6
100	1.6	1.7	190	4.9	5.1
110	1.8	1.9	200	5.4	5.7
120	2.0	2.1			

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Donde:

y : Carga en kg x : Deformación en cm

b : Pendiente a : Constante

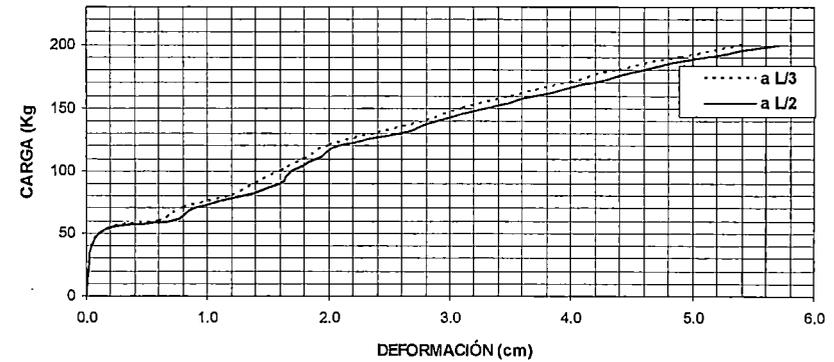
r²: Coeficiente de correlación

Coeficientes/Posición	L/3	L/2
b	41.241	39.340
a	30.493	29.050
r ²	0.929	0.931

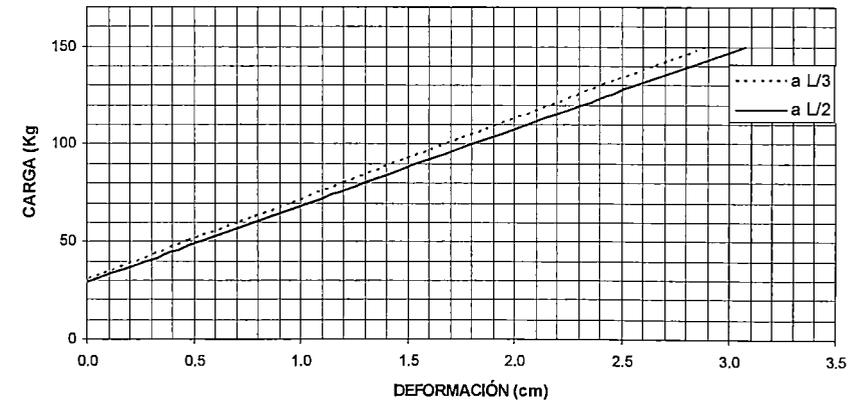
Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$

Los valores tomados corresponden al límite elástico.

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN



CURVA CARGA-DEFORMACIÓN (ESTADO ELÁSTICO)



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 617
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	150	3.7	3.9
40	0.1	0.1	160	4.1	4.3
50	0.7	0.7	170	4.4	4.6
60	1.0	1.1	180	4.6	4.9
70	1.3	1.4	190	5.0	5.3
80	1.6	1.7	200	5.3	5.6
90	1.9	2.0	210	5.7	6.0
100	2.2	2.3	220	6.4	6.8
110	2.6	2.7	230	6.9	7.3
120	2.9	3.0	240	7.4	7.9
130	3.3	3.4	250	8.1	8.8
140	3.5	3.6	260	8.9	9.6

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Donde:

y : Carga en kg x : Deformación en cm

b : Pendiente a : Constante

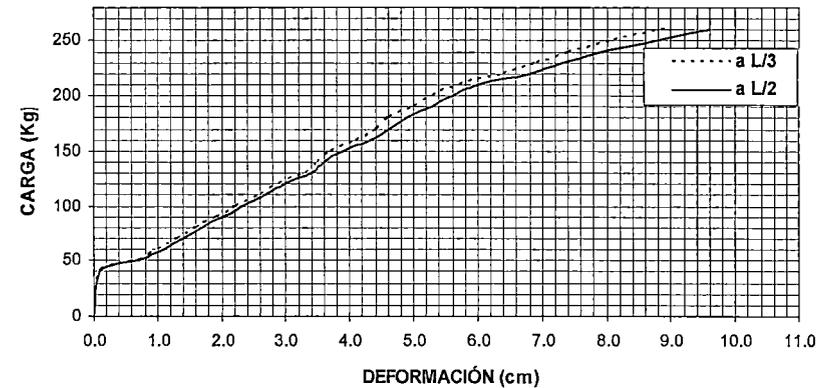
r²: Coeficiente de correlación

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	33.571	31.881
a	23.438	23.712
r ²	0.985	0.985

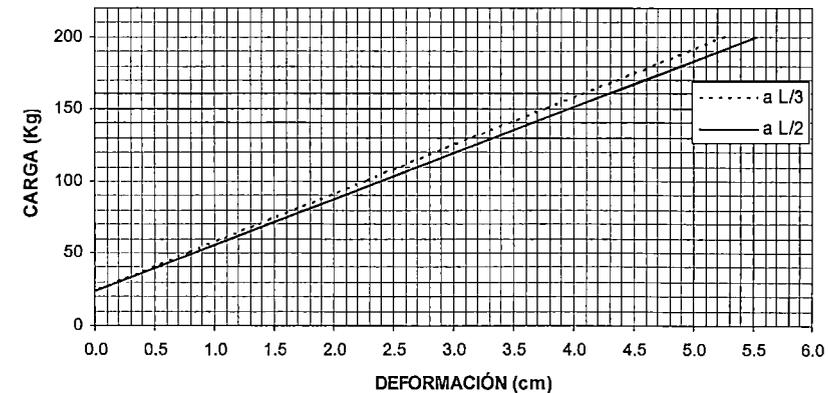
Con la recta ajustada se grafica : y = a+bx

Los valores tomados corresponden al límite elástico.

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN



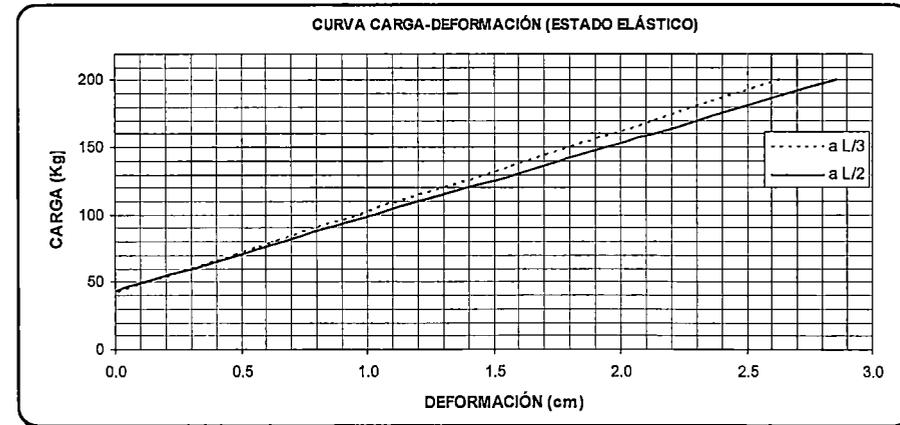
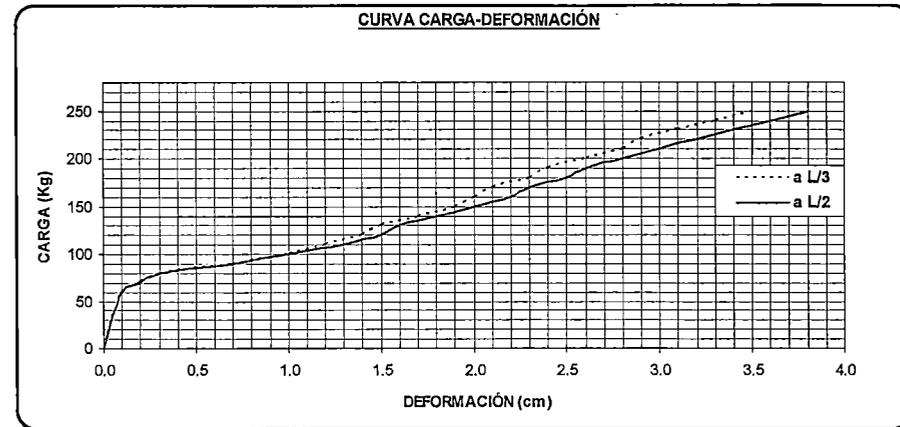
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN (ESTADO ELÁSTICO)



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 152
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	160	2.0	2.2
60	0.1	0.1	170	2.1	2.3
70	0.2	0.2	180	2.3	2.5
80	0.3	0.3	190	2.4	2.6
90	0.7	0.7	200	2.6	2.8
100	1.0	1.0	210	2.8	3.0
110	1.2	1.3	220	2.9	3.2
120	1.4	1.5	230	3.1	3.4
130	1.5	1.6	240	3.3	3.6
140	1.7	1.8	250	3.5	3.8
150	1.9	2.0			



APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Donde:

y : Carga en kg x : Deformación en cm

b : Pendiente a : Constante

r²: Coeficiente de correlación

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	60.108	54.961
a	41.481	43.212
r ²	0.938	0.935

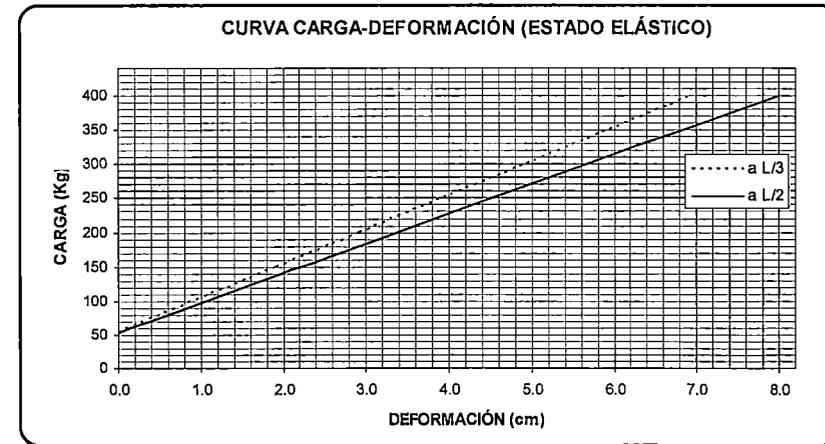
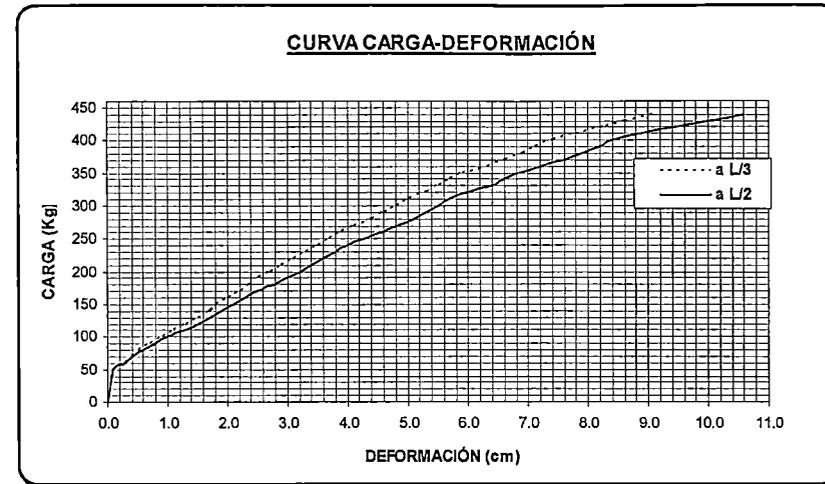
Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$

Los valores tomados corresponden al límite elástico.

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R-226
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.000	0.000	250	3.70	4.30
50	0.10	0.10	260	3.90	4.60
60	0.30	0.30	270	4.10	4.80
70	0.40	0.40	280	4.40	5.10
80	0.50	0.60	290	4.60	5.30
90	0.70	0.80	300	4.80	5.50
100	0.90	1.00	310	5.00	5.70
110	1.10	1.30	320	5.30	6.00
120	1.30	1.50	330	5.50	6.40
130	1.50	1.70	340	5.70	6.60
140	1.70	1.90	350	5.90	6.80
150	1.80	2.10	360	6.30	7.20
160	2.00	2.30	370	6.60	7.60
170	2.20	2.50	380	6.90	7.90
180	2.40	2.80	390	7.10	8.20
190	2.50	3.00	400	7.40	8.40
200	2.70	3.20	410	7.80	8.90
210	2.90	3.40	420	8.30	9.50
220	3.10	3.60	430	8.60	10.00
230	3.30	3.80	440	9.10	10.60
240	3.50	4.00			



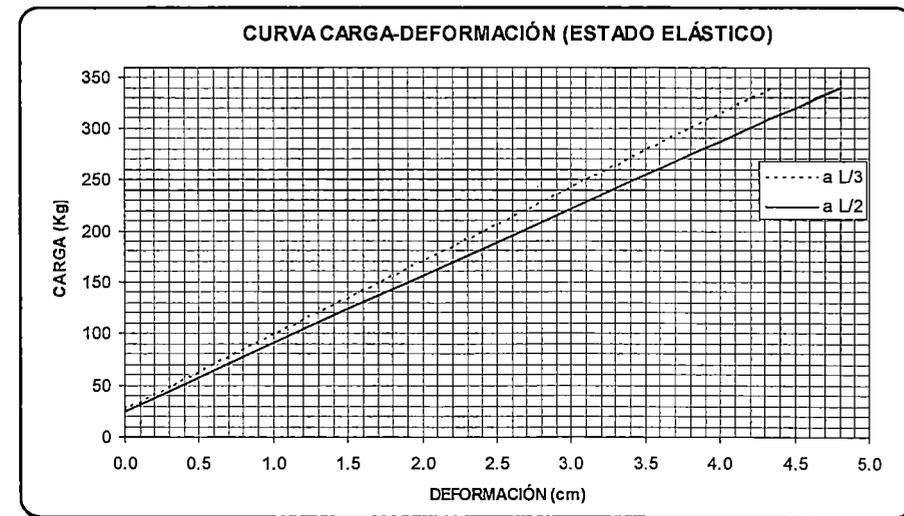
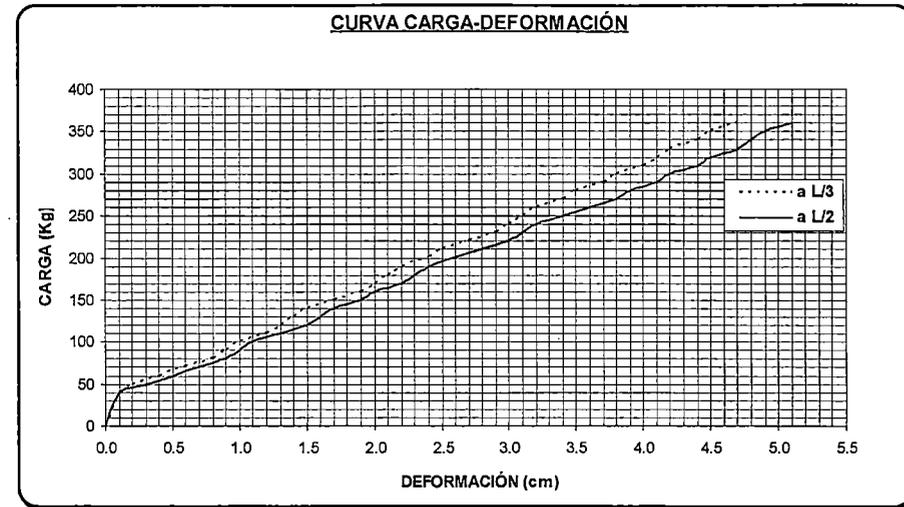
Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	49.612	43.194
a	55.198	54.666
r ²	0.986	0.988

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 523
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	200	2.4	2.6
40	0.1	0.1	210	2.5	2.8
50	0.2	0.3	220	2.7	3.0
60	0.4	0.5	230	2.9	3.1
70	0.6	0.7	240	3.0	3.2
80	0.8	0.9	250	3.1	3.4
90	0.9	1.0	260	3.2	3.6
100	1.0	1.1	270	3.4	3.8
110	1.2	1.3	280	3.5	3.9
120	1.3	1.5	290	3.7	4.1
130	1.4	1.6	300	3.8	4.2
140	1.5	1.7	310	4.0	4.4
150	1.7	1.9	320	4.1	4.5
160	1.9	2.0	330	4.2	4.7
170	2.0	2.2	340	4.4	4.8
180	2.1	2.3	350	4.5	4.9
190	2.2	2.4	360	4.7	5.1

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	71.975	65.674
a	26.166	24.804
r ²	0.996	0.997

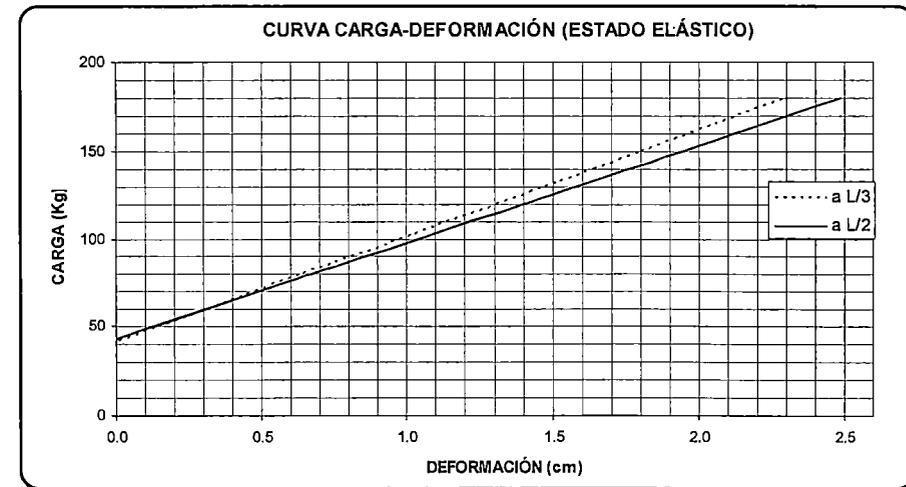
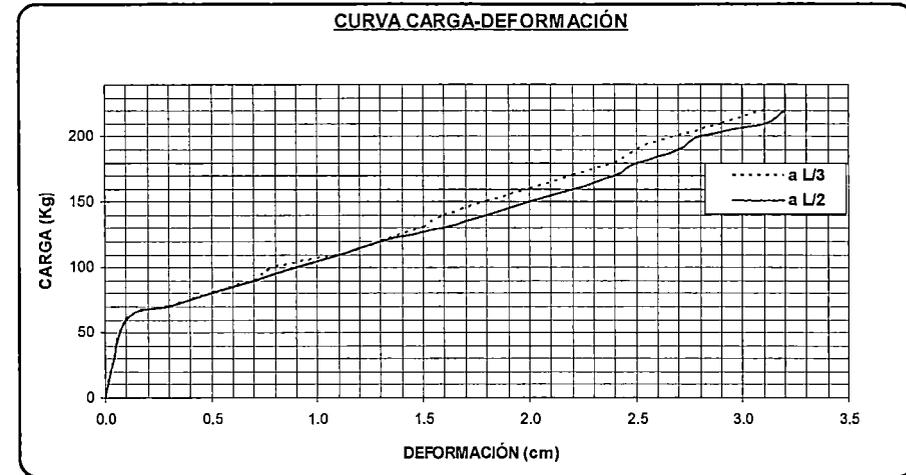


ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 531
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	140	1.6	1.8
60	0.1	0.1	150	1.8	2.0
70	0.3	0.3	160	2.0	2.2
80	0.5	0.5	170	2.2	2.4
90	0.7	0.7	180	2.4	2.5
100	0.8	0.9	190	2.5	2.7
110	1.1	1.1	200	2.7	2.8
120	1.3	1.3	210	2.9	3.1
130	1.5	1.6	220	3.1	3.2

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE		
Donde:		
y : Carga en kg	x : Deformación en cm	
b : Pendiente	a : Constante	
r ² : Coeficiente de correlación		
Coeficientes/Posición	L/3	L/2
b	60.321	55.163
a	41.198	42.869
r ²	0.928	0.923
Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$ Los valores tomados corresponden al límite elástico.		



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R-528
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.000	0.000	130	1.900	2.000
50	0.400	0.400	140	2.200	2.300
60	0.600	0.600	150	2.300	2.400
70	0.700	0.800	160	2.500	2.600
80	0.900	1.000	170	2.700	2.800
90	1.100	1.200	180	2.900	3.100
100	1.300	1.400	190	3.100	3.300
110	1.500	1.600	200	3.300	3.500
120	1.700	1.800			

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Donde:

y : Carga en kg x : Deformación en cm

b : Pendiente a : Constante

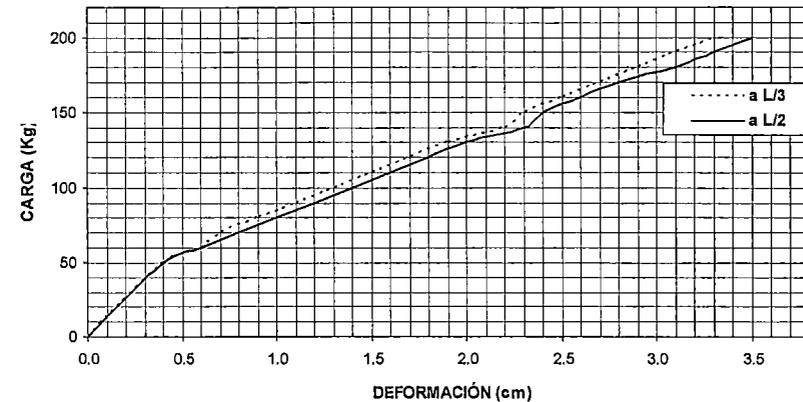
r²: Coeficiente de correlación

Coeficientes/Posición	L/3	L/2
b	55.329	53.028
a	23.603	22.489
r ²	0.977	0.979

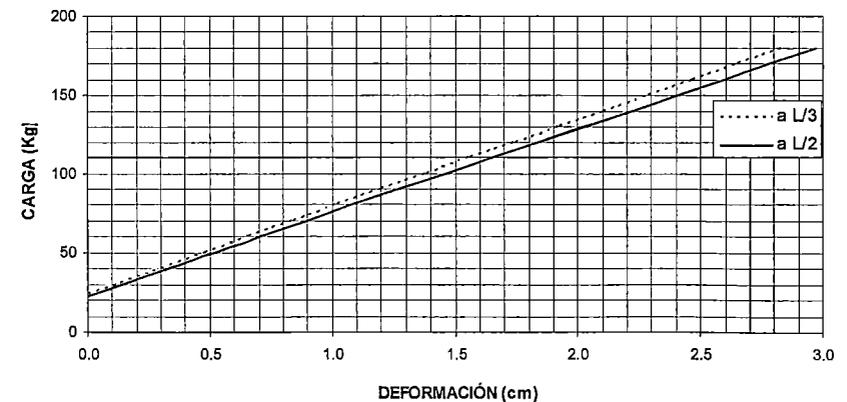
Con la recta ajustada se grafica : $y = a + bx$

Los valores tomados corresponden al límite elástico.

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN



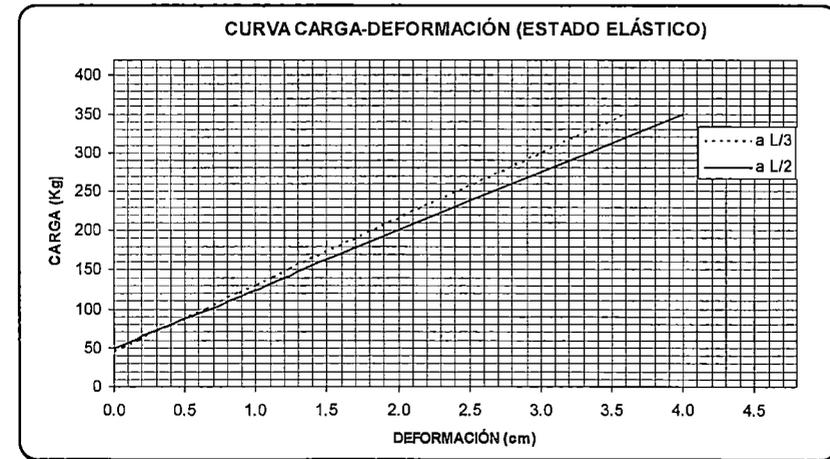
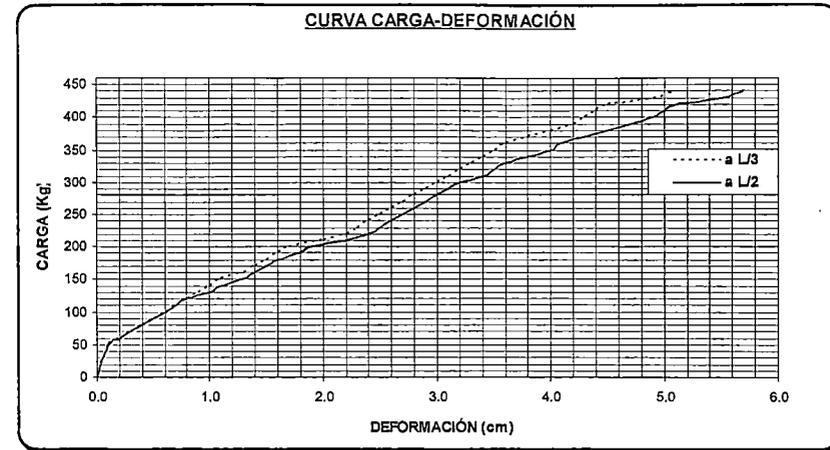
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN (ESTADO ELÁSTICO)



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 312
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	250	2.5	2.7
50	0.1	0.1	260	2.6	2.8
60	0.2	0.2	270	2.7	2.9
70	0.3	0.3	280	2.8	3.0
80	0.4	0.4	290	2.9	3.1
90	0.5	0.5	300	3.0	3.2
100	0.6	0.6	310	3.1	3.4
110	0.7	0.7	320	3.2	3.5
120	0.8	0.8	330	3.3	3.6
130	0.9	1.0	340	3.4	3.8
140	1.0	1.1	350	3.5	4.0
150	1.1	1.3	360	3.6	4.1
160	1.3	1.4	370	3.8	4.3
170	1.4	1.5	380	4.0	4.5
180	1.5	1.6	390	4.2	4.7
190	1.6	1.8	400	4.3	4.9
200	1.7	1.9	410	4.4	5.0
210	2.0	2.2	420	4.5	5.1
220	2.2	2.4	430	4.9	5.5
230	2.3	2.5	440	5.1	5.7
240	2.4	2.6			

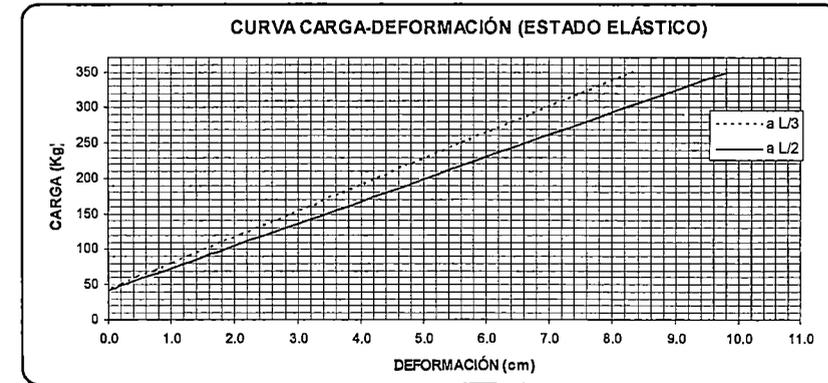
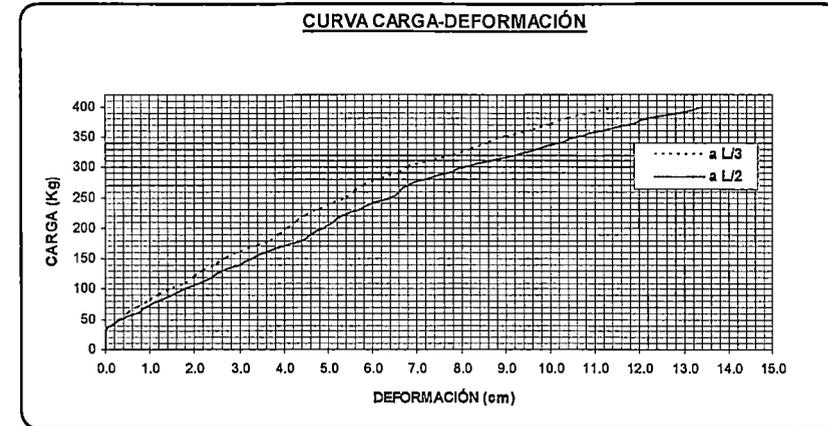


Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	84.889	75.311
a	44.782	49.164
r ²	0.992	0.990

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 217
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	220	4.5	5.3
40	0.1	0.1	230	4.8	5.7
50	0.3	0.3	240	5.1	6.0
60	0.5	0.7	250	5.4	6.4
70	0.7	0.9	260	5.6	6.6
80	1.0	1.2	270	5.8	6.8
90	1.2	1.5	280	6.2	7.2
100	1.5	1.8	290	6.6	7.7
110	1.8	2.1	300	6.8	8.1
120	2.0	2.4	310	7.4	8.7
130	2.2	2.6	320	7.8	9.2
140	2.5	3.0	330	8.2	9.7
150	2.7	3.3	340	8.6	10.2
160	3.0	3.6	350	9.0	10.6
170	3.4	4.0	360	9.6	11.2
180	3.7	4.4	370	10.0	11.8
190	3.9	4.6	380	10.4	12.2
200	4.1	4.9	390	10.9	12.9
210	4.3	5.1	400	11.5	13.4

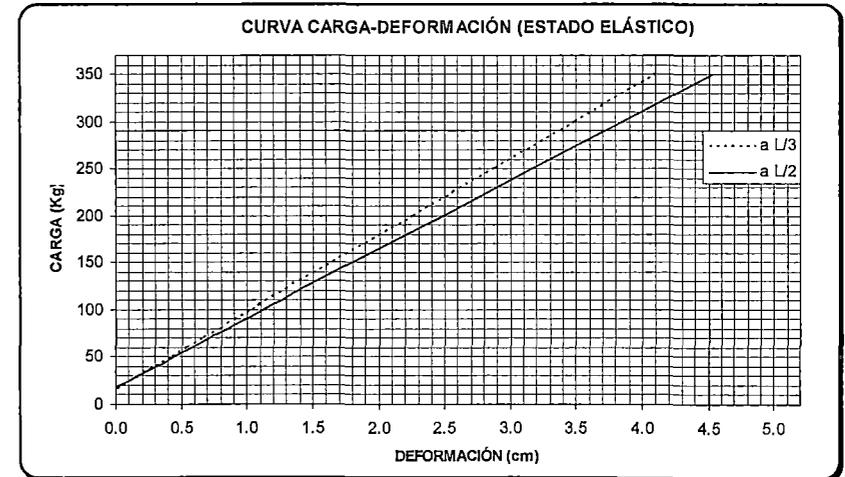
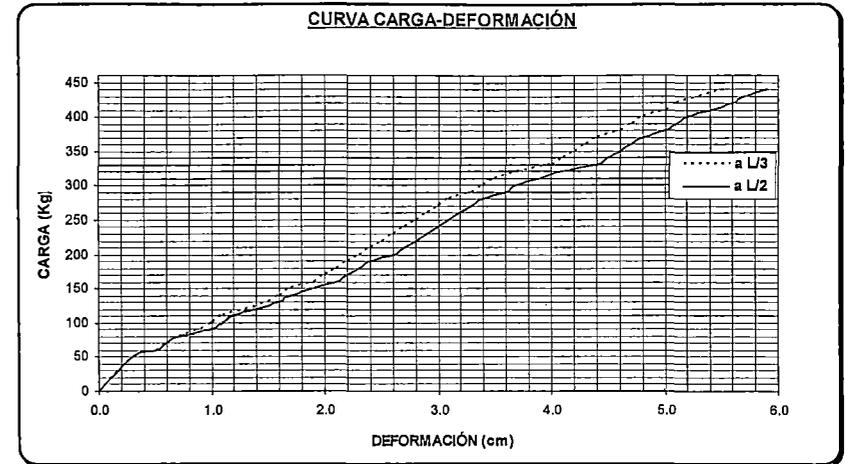


Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	36.835	31.339
a	42.813	41.818
r ²	0.986	0.986

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 431
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	250	2.8	3.1
50	0.3	0.3	260	2.9	3.2
60	0.5	0.5	270	3.0	3.3
70	0.6	0.6	280	3.1	3.4
80	0.7	0.7	290	3.3	3.6
90	0.9	1.0	300	3.4	3.7
100	1.0	1.1	310	3.5	3.9
110	1.1	1.2	320	3.7	4.1
120	1.3	1.4	330	4.0	4.4
130	1.5	1.6	340	4.1	4.5
140	1.6	1.7	350	4.2	4.6
150	1.7	1.9	360	4.3	4.7
160	1.9	2.1	370	4.4	4.8
170	2.0	2.2	380	4.6	5.0
180	2.1	2.3	390	4.7	5.1
190	2.2	2.4	400	4.8	5.2
200	2.3	2.6	410	5.0	5.4
210	2.4	2.7	420	5.1	5.6
220	2.5	2.8	430	5.3	5.7
230	2.6	2.9	440	5.5	5.9
240	2.7	3.0			



Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	81.590	73.393
a	15.526	17.608
r ²	0.994	0.993

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 633
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	150	2.5	2.7
40	0.2	0.2	160	2.7	3.0
50	0.5	0.6	170	2.9	3.2
60	0.6	0.9	180	3.1	3.4
70	1.0	1.1	190	3.3	3.5
80	1.2	1.3	200	3.5	3.7
90	1.3	1.4	210	3.7	3.9
100	1.5	1.7	220	3.9	4.2
110	1.7	1.9	230	4.1	4.3
120	1.9	2.1	240	4.3	4.6
130	2.1	2.3	250	4.5	4.7
140	2.3	2.5	260	4.8	5.1

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Donde:

y : Carga en kg x : Deformación en cm

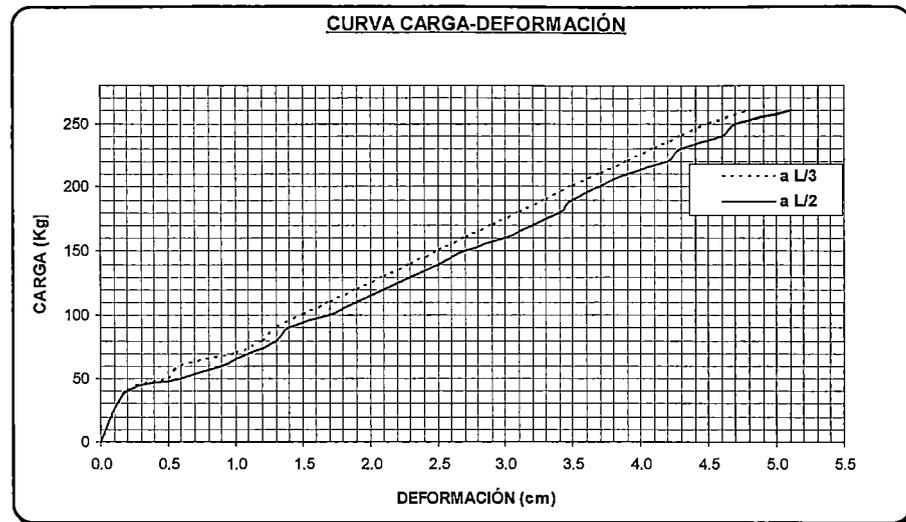
b : Pendiente a : Constante

r²: Coeficiente de correlación

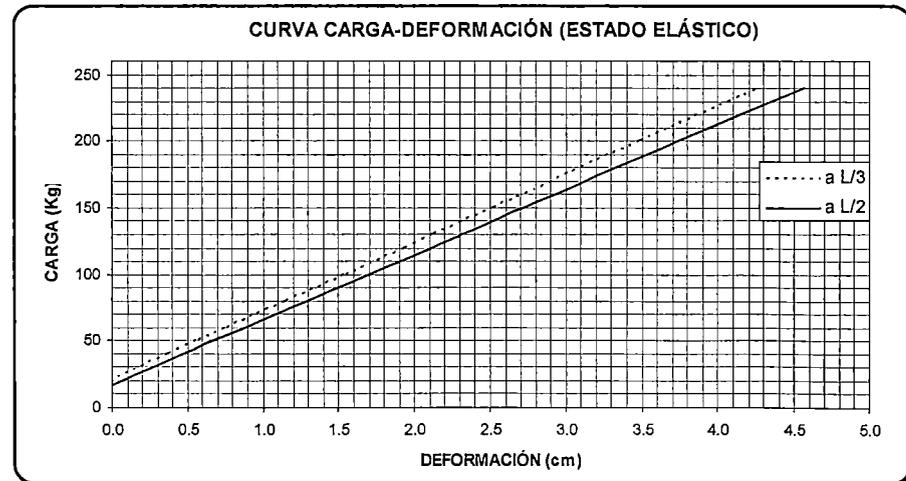
Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	51.327	48.914
a	20.951	16.911
r ²	0.993	0.994

Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$
 Los valores tomados corresponden al límite elástico.

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN



CURVA CARGA-DEFORMACIÓN (ESTADO ELÁSTICO)

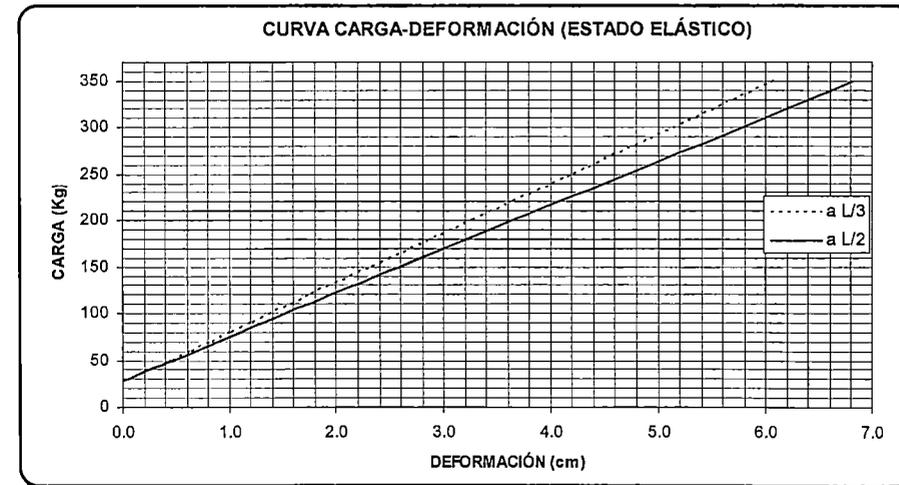
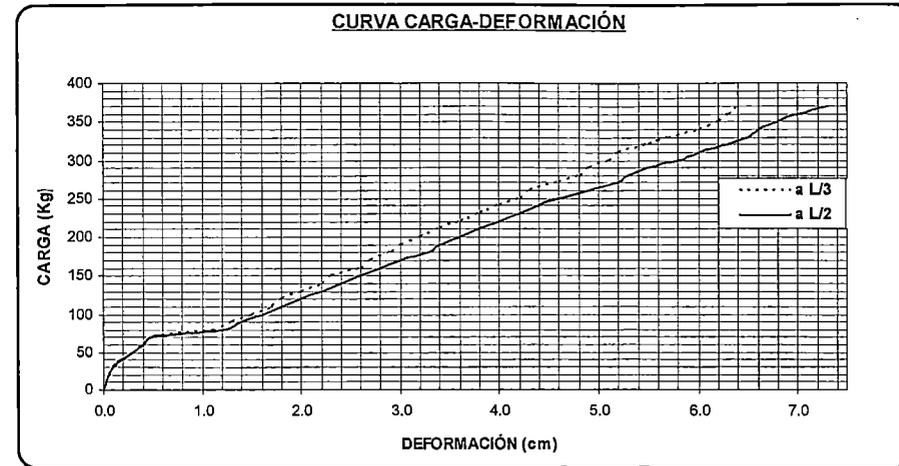


ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 VIGA : R- 622
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	200	3.2	3.6
30	0.1	0.1	210	3.4	3.8
40	0.2	0.2	220	3.6	4.0
50	0.3	0.3	230	3.8	4.2
60	0.4	0.4	240	4.0	4.4
70	0.5	0.5	250	4.2	4.6
80	1.1	1.2	260	4.3	4.9
90	1.3	1.4	270	4.6	5.2
100	1.5	1.6	280	4.8	5.3
110	1.7	1.8	290	4.9	5.5
120	1.8	2.0	300	5.1	5.8
130	2.0	2.2	310	5.2	6.0
140	2.2	2.4	320	5.5	6.3
150	2.3	2.6	330	5.7	6.5
160	2.6	2.8	340	6.0	6.6
170	2.7	3.0	350	6.2	6.8
180	2.9	3.3	360	6.3	7.0
190	3.0	3.4	370	6.4	7.3

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	53.420	47.222
a	25.566	27.884
r ²	0.995	0.995

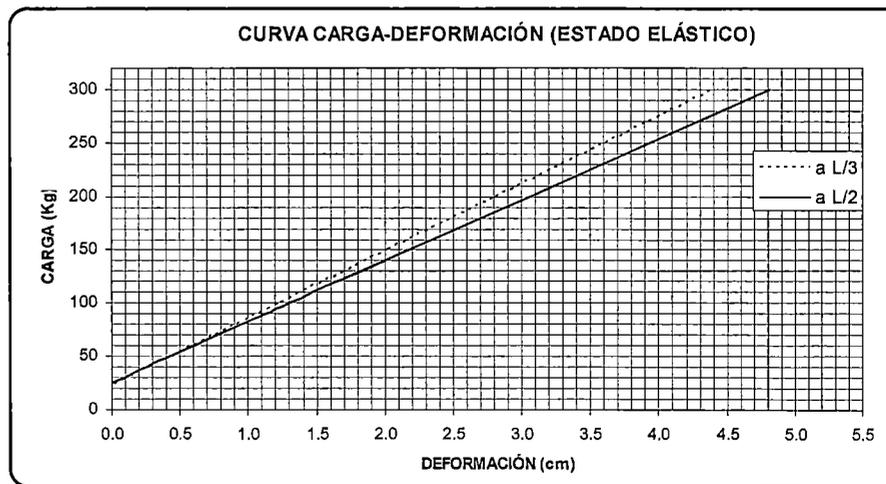
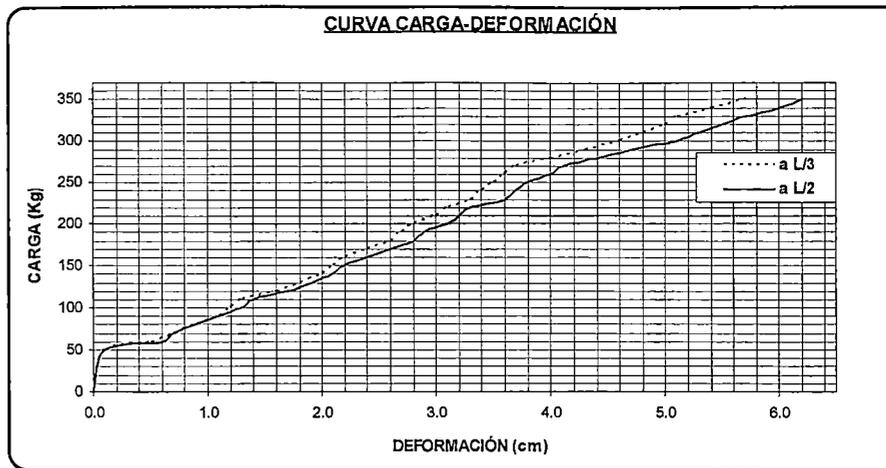


ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 626
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	210	3.0	3.2
50	0.1	0.1	220	3.1	3.3
60	0.5	0.6	230	3.3	3.6
70	0.7	0.7	240	3.4	3.7
80	0.9	0.9	250	3.5	3.8
90	1.1	1.1	260	3.6	4.0
100	1.2	1.3	270	3.7	4.1
110	1.3	1.4	280	4.0	4.4
120	1.6	1.7	290	4.3	4.7
130	1.8	1.9	300	4.6	5.1
140	2.0	2.1	310	4.8	5.3
150	2.1	2.2	320	5.0	5.5
160	2.2	2.4	330	5.1	5.7
170	2.4	2.6	340	5.4	6.0
180	2.6	2.8	350	5.7	6.2
190	2.7	2.9	360		
200	2.8	3.1			

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	63.205	57.086
a	22.210	25.381
r ²	0.990	0.990



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 618
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	130	3.3	3.7
50	0.9	0.9	140	3.5	4.0
60	1.1	1.2	150	3.8	4.3
70	1.6	1.7	160	4.3	5.0
80	1.8	1.9	170	4.7	5.4
90	1.9	2.2	180	5.3	6.1
100	2.4	2.6	190	5.7	6.6
110	2.7	3.0	200	6.0	7.1
120	3.0	3.4	210	6.6	7.8

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Donde:

y : Carga en kg x : Deformación en cm

b : Pendiente a : Constante

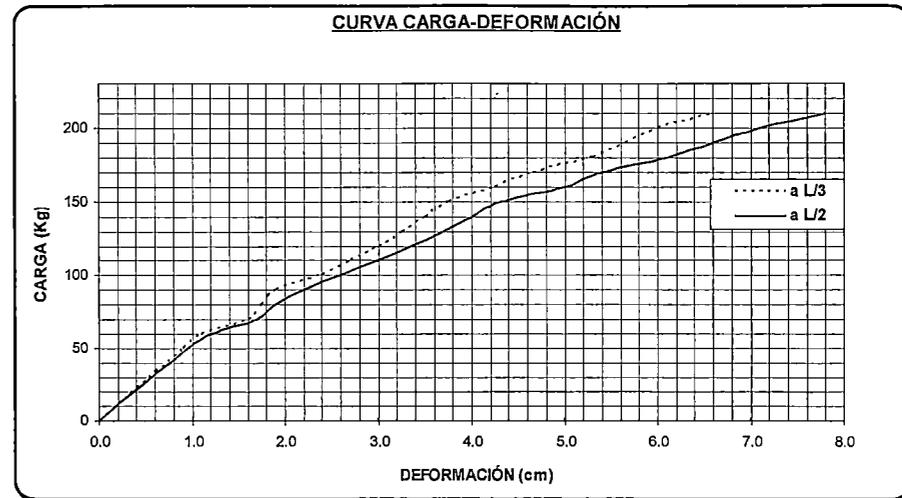
r²: Coeficiente de correlación

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	36.050	30.687
a	13.454	16.901
r ²	0.985	0.979

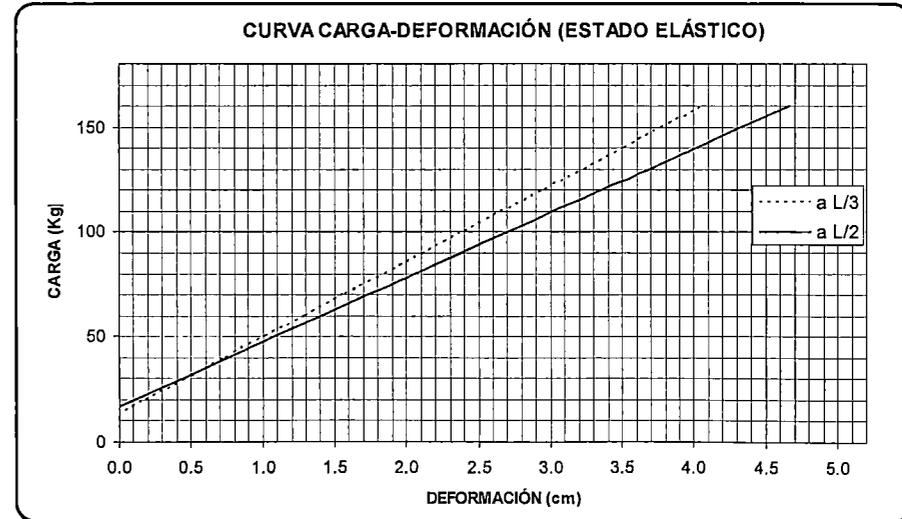
Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$

Los valores tomados corresponden al límite elástico.

CURVA CARGA-DEFORMACIÓN



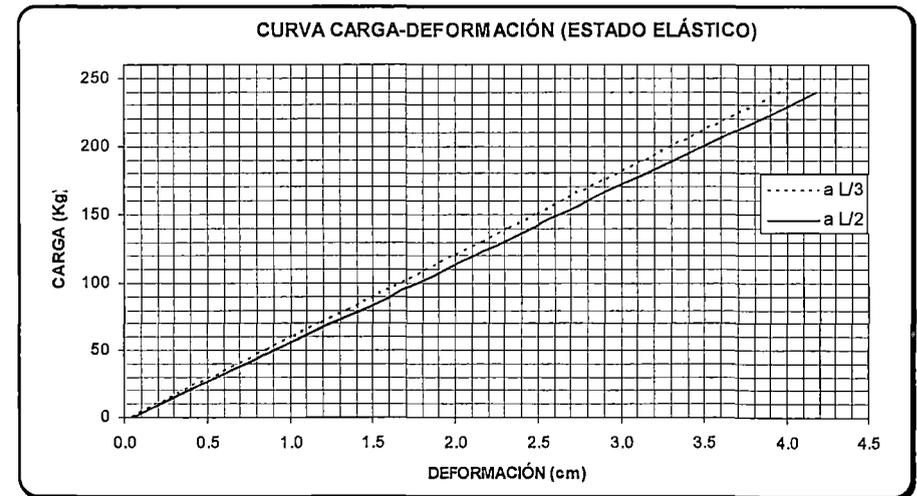
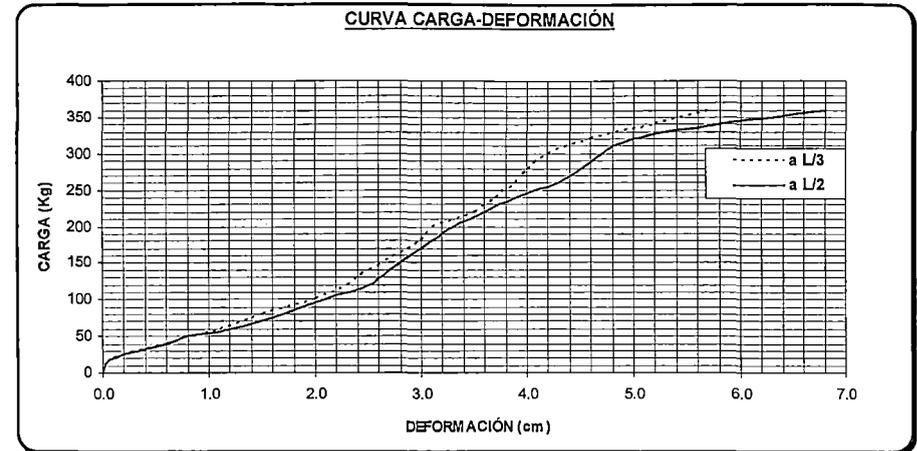
CURVA CARGA-DEFORMACIÓN (ESTADO ELÁSTICO)



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 210
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	200	3.1	3.3
20	0.1	0.1	220	3.5	3.6
40	0.6	0.6	240	3.7	3.9
50	0.8	0.8	260	3.9	4.3
60	1.1	1.2	280	4.0	4.5
80	1.5	1.7	300	4.2	4.7
100	2.0	2.1	320	4.6	5.0
120	2.3	2.5	340	5.2	5.8
140	2.5	2.7	360	5.7	6.8
180	3.0	3.1			

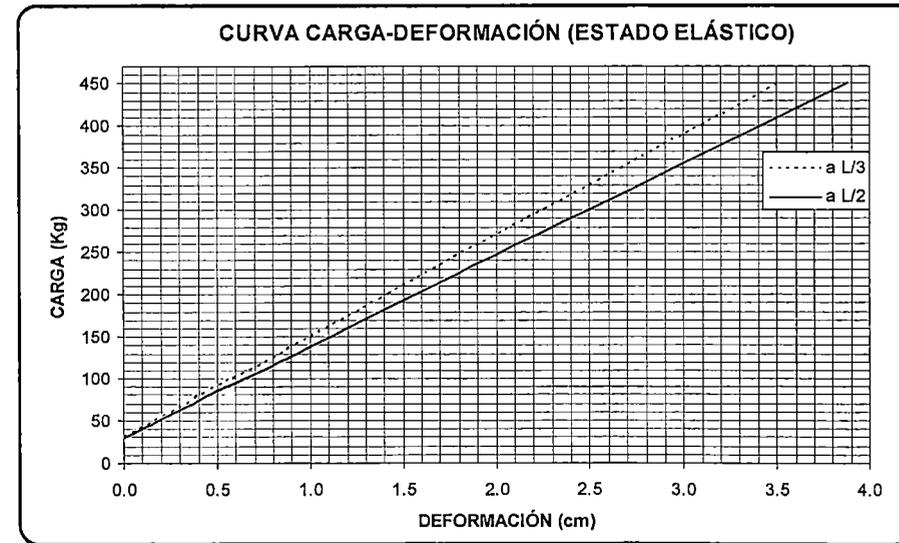
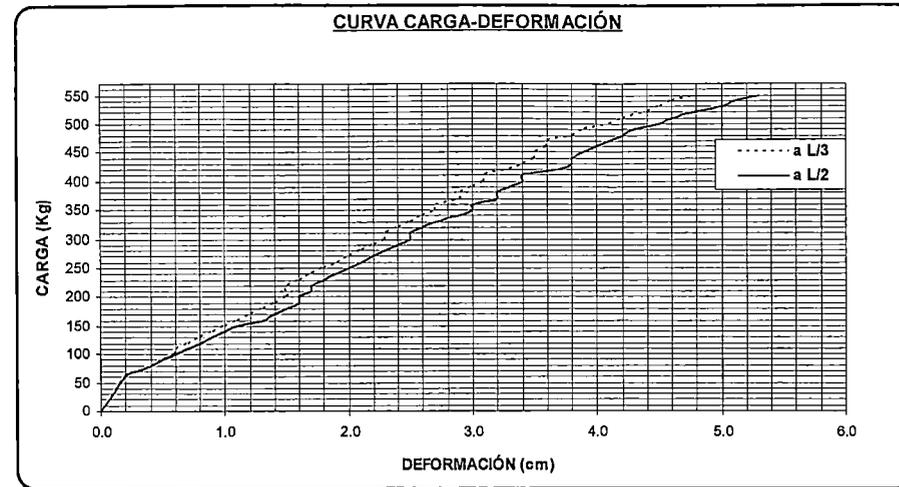


APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE		
Donde:		
y : Carga en kg	x : Deformación en cm	
b : Pendiente	a : Constante	
r ² : Coeficiente de correlación		
Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	61.339	58.132
a	-2.646	-2.937
r ²	0.977	0.969
Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$ Los valores tomados corresponden al límite elástico.		

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 111
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	310	2.3	2.5
60	0.2	0.2	320	2.4	2.6
70	0.3	0.3	330	2.5	2.7
80	0.4	0.4	340	2.6	2.9
90	0.5	0.5	350	2.7	3.0
100	0.6	0.6	360	2.7	3.0
110	0.6	0.7	370	2.9	3.2
120	0.7	0.8	380	2.9	3.2
130	0.8	0.9	390	3.0	3.3
140	0.9	1.0	400	3.1	3.4
150	1.0	1.1	410	3.1	3.4
160	1.1	1.3	420	3.3	3.7
170	1.2	1.4	430	3.4	3.8
180	1.3	1.5	440	3.5	3.8
190	1.4	1.6	450	3.5	3.9
200	1.5	1.6	460	3.6	4.0
210	1.5	1.7	470	3.6	4.1
220	1.5	1.7	480	3.8	4.2
230	1.6	1.8	490	3.9	4.3
240	1.7	1.9	500	4.1	4.5
250	1.8	2.0	510	4.2	4.6
260	1.9	2.1	520	4.4	4.8
270	2.0	2.2	530	4.5	5.0
280	2.1	2.3	540	4.6	5.1
290	2.2	2.4	550	4.8	5.3
300	2.3	2.5			



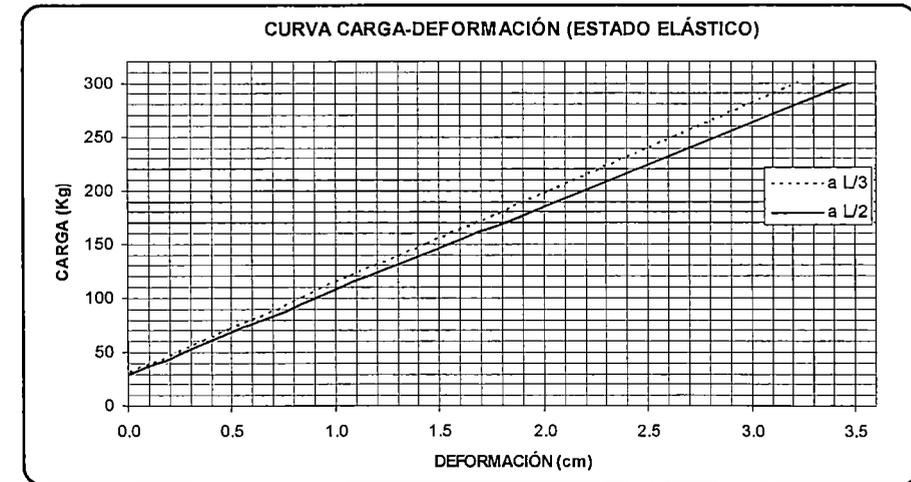
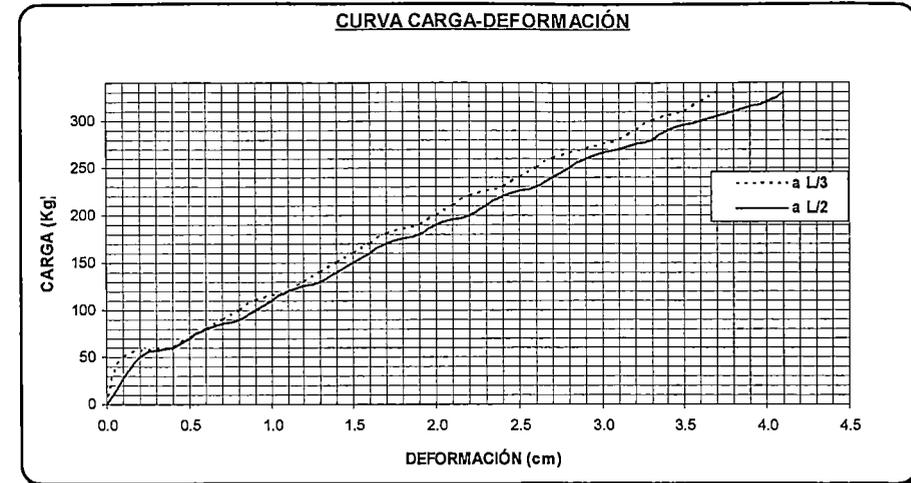
Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	119.650	108.320
a	29.908	29.763
r ²	0.997	0.996

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 411
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	190	1.9	2.0
50	0.1	0.2	200	2.0	2.2
60	0.4	0.4	210	2.1	2.3
70	0.5	0.5	220	2.2	2.4
80	0.6	0.6	230	2.4	2.6
90	0.7	0.8	240	2.5	2.7
100	0.8	0.9	250	2.6	2.8
110	0.9	1.0	260	2.7	2.9
120	1.1	1.1	270	2.9	3.1
130	1.2	1.3	280	3.1	3.3
140	1.3	1.4	290	3.2	3.4
150	1.4	1.5	300	3.3	3.6
160	1.5	1.6	310	3.5	3.8
170	1.6	1.7	320	3.6	4.0
180	1.7	1.9	330	3.7	4.1

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	83.844	78.107
a	29.710	29.082
r ²	0.992	0.993



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA

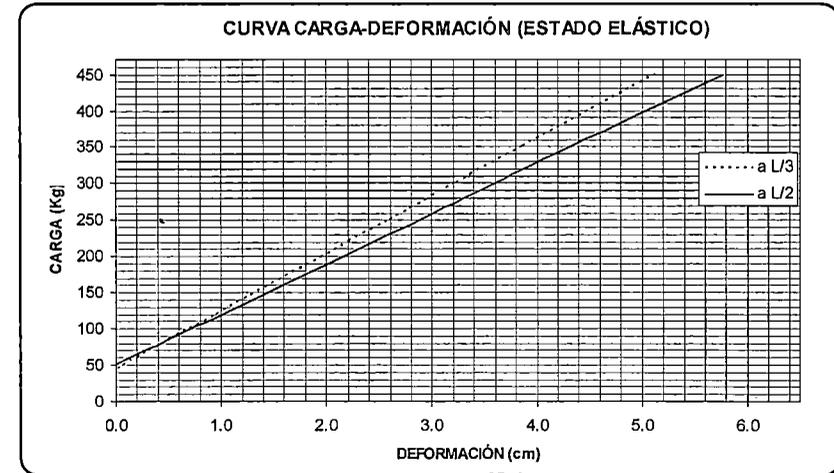
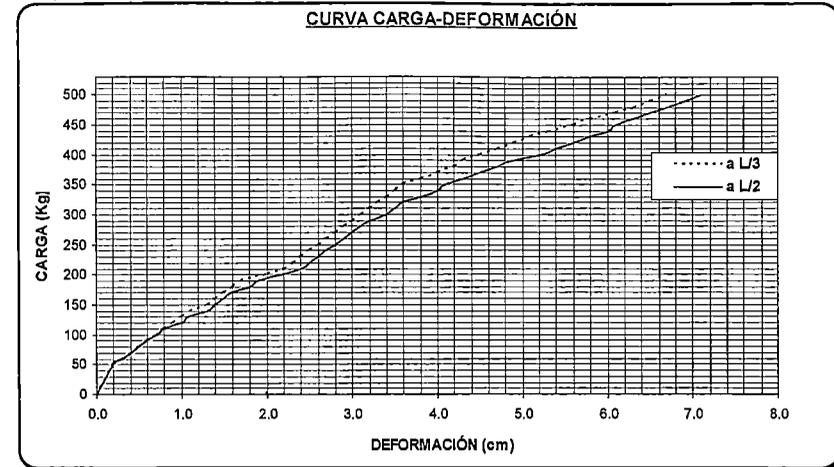
REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO

ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA

ESPECIE : PINO RADIATA

VIGA : R- 413 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	280	2.9	3.1
50	0.2	0.2	290	3.0	3.2
60	0.3	0.3	300	3.1	3.4
70	0.4	0.4	310	3.2	3.5
80	0.5	0.5	320	3.3	3.6
90	0.6	0.6	330	3.4	3.8
100	0.7	0.7	340	3.5	4.0
110	0.8	0.8	350	3.6	4.1
120	0.9	1.0	360	3.8	4.3
130	1.0	1.1	370	4.0	4.5
140	1.1	1.3	380	4.2	4.7
150	1.3	1.4	390	4.3	4.9
160	1.4	1.5	400	4.5	5.2
170	1.5	1.6	410	4.7	5.4
180	1.6	1.8	420	4.9	5.6
190	1.7	1.9	430	5.1	5.8
200	2.0	2.2	440	5.3	6.0
210	2.2	2.4	450	5.6	6.1
220	2.3	2.5	460	5.8	6.3
230	2.4	2.6	470	6.1	6.5
240	2.5	2.7	480	6.3	6.7
250	2.6	2.8	490	6.5	6.9
260	2.7	2.9	500	6.7	7.1
270	2.8	3.0	510		



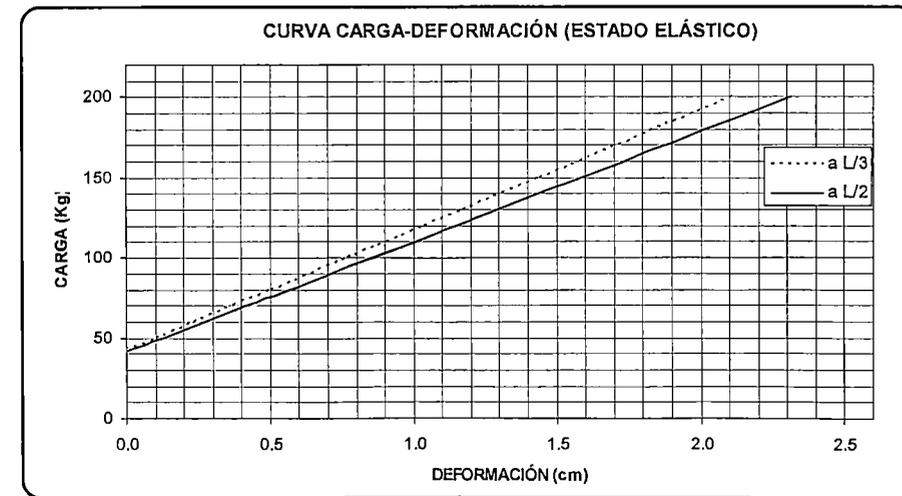
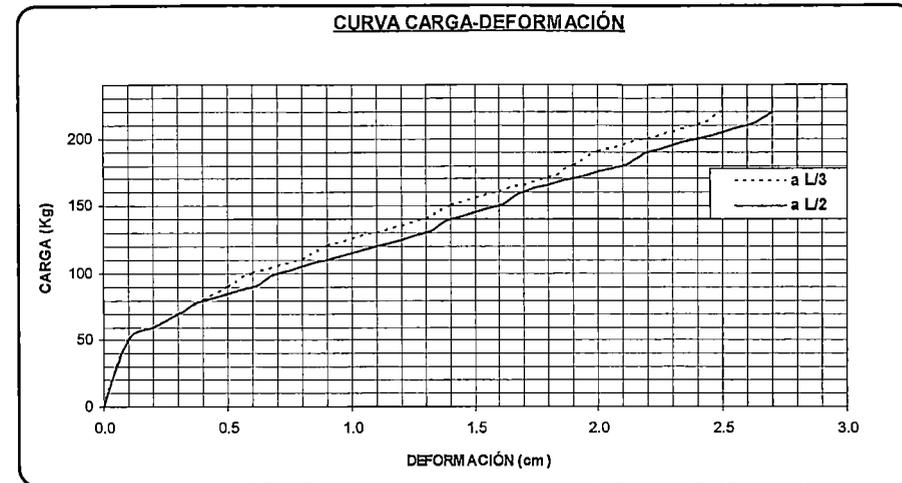
Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	78.952	69.263
a	44.975	50.442
r ²	0.989	0.987

ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 341
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	140	1.3	1.4
50	0.1	0.1	150	1.4	1.6
60	0.2	0.2	160	1.6	1.7
70	0.3	0.3	170	1.8	1.9
80	0.4	0.4	180	1.9	2.1
90	0.5	0.6	190	2.0	2.2
100	0.6	0.7	200	2.2	2.4
110	0.8	0.9	210	2.4	2.6
120	0.9	1.1	220	2.5	2.7
130	1.1	1.3			

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE		
Donde:		
y : Carga en kg	x : Deformación en cm	
b : Pendiente	a : Constante	
r ² : Coeficiente de correlación		
Coeficientes/Posición	L/3	L/2
b	74.762	68.586
a	42.446	41.395
r ²	0.949	0.954
Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$ Los valores tomados corresponden al límite elástico.		



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 533
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	130	1.3	1.5
40	0.2	0.2	140	1.4	1.7
50	0.3	0.3	150	1.6	1.8
60	0.4	0.5	160	1.7	2.0
70	0.5	0.6	170	1.8	2.1
80	0.7	0.8	180	1.9	2.3
90	0.8	1.0	190	2.1	2.4
100	1.0	1.1	200	2.2	2.5
110	1.1	1.3	210	2.3	2.7
120	1.2	1.4			

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Donde:

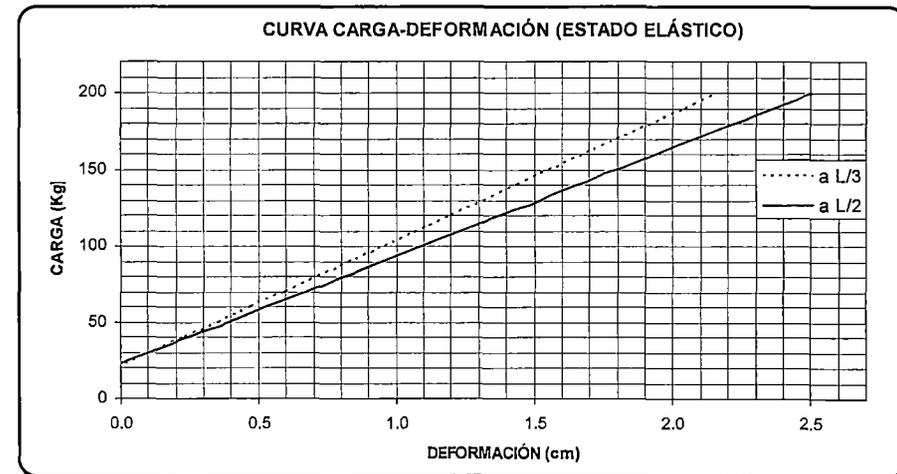
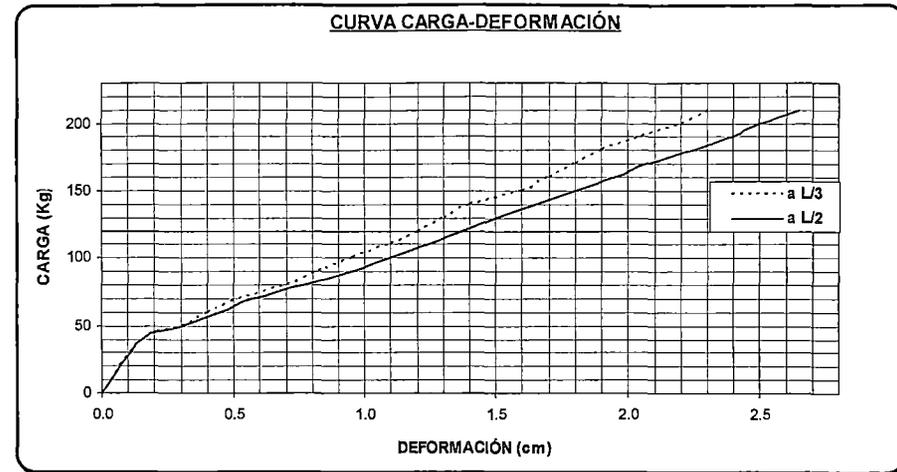
y : Carga en kg x : Deformación en cm

b : Pendiente a : Constante

r²: Coeficiente de correlación

Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	82.890	70.873
a	20.819	22.656
r ²	0.989	0.987

Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$
 Los valores tomados corresponden al límite elástico.



ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN VIGAS A ESCALA NATURAL

TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 REALIZADO POR : BACH.ING. JOSÉ LUÍS MEZA SOLANO
 ASESOR : ING. ISABEL MORONI NAKATA
 TESIS / PROYECTO : CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL ESPECIE PINO RADIATA
 ESPECIE : PINO RADIATA
 PROBETA : R- 241
 FECHA DE ENSAYO : 2005

Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)	Carga (kg)	Deformación a "L/3" (cm)	Deformación a "L/2" (cm)
0	0.0	0.0	110	1.9	2.1
30	0.3	0.4	130	2.1	2.4
40	0.5	0.6	150	2.3	2.6
50	0.7	0.9	170	2.5	2.8
70	1.1	1.3	200	2.7	3.1
80	1.3	1.6	220	2.9	3.4
90	1.6	1.8	240	3.2	3.7

APLICANDO REGRESIÓN LINEAL SIMPLE		
Donde:		
y : Carga en kg	x : Deformación en cm	
b : Pendiente	a : Constante	
r ² : Coeficiente de correlación		
Coefficientes/Posición	L/3	L/2
b	58.316	52.643
a	6.187	2.879
r ²	0.982	0.985
Con la recta ajustada se grafica : $y = a+bx$ Los valores tomados corresponden al límite elástico.		

