

69319

3-P-78-0073 / 6
IDRC-LIB
69319



PADT REFORT

PROYECTOS ANDINOS
DE DESARROLLO
TECNOLOGICO EN EL
AREA DE LOS RECURSOS
FORESTALES TROPICALES

INFLUENCIA DE DEFECTOS EN LA
RIGIDEZ Y RESISTENCIA DE VIGAS DE
5 ESPECIES DE LA SUBREGION ANDINA

HUGO SCALETTI F.



GRUPO ANDINO

JUNTA DEL ACUERDO
DE CARTAGENA

ARCHIV
69319

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA

PROYECTOS ANDINOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO
EN EL AREA DE LOS RECURSOS FORESTALES TROPICALES
(PADT – REFORT)

INFLUENCIA DE DEFECTOS EN LA RIGIDEZ
Y RESISTENCIA DE VIDAS DE CINCO ESPECIES
DE LA SUBREGION ANDINA



ARCHIV
674 02(8)
G 73

Lima, Mayo 1983

Revisado Agosto de 1983



INFLUENCIA DE DEFECTOS EN LA RIGIDEZ Y RESISTENCIA
DE VIGAS DE CINCO ESPECIES DE LA SUBREGION ANDINA

RESUMEN

Se presentan resultados de ensayos de vigas de 5 especies latifoliadas de la subregión andina Simarouba amara, Hura crepitans, Cedrelinga catenaeformis, Brosimum uleanum y Myroxylon peruiferum, cuyas densidades básicas están en el rango de 0.35 a 0.78

El material estudiado incluyó desde vigas prácticamente sin defectos hasta elementos que serían rechazados según la práctica habitual de los aserraderos

Se ensayaron un total de 526 vigas, de 4 cm x 14 cm de sección transversal y 3.00 m de luz, sometiéndolas a flexión por aplicación de cargas simétricas en los puntos tercios. Adicionalmente, se ensayaron probetas pequeñas libres de defectos, tomadas de las mismas vigas

Para las especies estudiadas el defecto más importante, por su frecuencia e influencia en las propiedades mecánicas, es el grano inclinado. Las perforaciones de insectos son muy frecuentes en algunas especies. Estos defectos y otros tales como la inclusión de médula, nudos o escamaduras son particularmente desfavorables cuando están asociados con ataques de hongos xilófagos. Pueden citarse además el duramen quebradizo y las fallas de compresión. Otros defectos tienen menos influencia o son poco frecuentes.

Los resultados obtenidos indican que los defectos influyen más en el módulo de rotura que en el módulo de elasticidad. La influencia es también

más apreciable en las vigas ensayadas en condición seca al aire que en aquellas ensayadas en condición verde

La Regla de Clasificación Visual para Madera Estructural propuesta en el PADT-REFORT resulta efectiva para eliminar las vigas que tiene menor resistencia. Si se consideran los esfuerzos admisibles propuestos en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino y los correspondientes factores de seguridad y duración de carga, se observa que el módulo de rotura de las vigas aceptadas por la clasificación es en todos los casos suficiente.

Dada la poca influencia de los defectos en el módulo de elasticidad, la clasificación visual no es tan efectiva para separar las vigas de menor MOE, excepto en casos extremos. Las vigas clasificadas muestran valores de MOE vigas/MOE probetas con una distribución similar a la de vigas rechazadas por la Regla de Clasificación.

Las vigas de una de las especies ensayadas, que por su densidad básica podría ubicarse en el límite inferior del grupo C, tuvieron módulos de elasticidad menores que los propuestos en el Manual de Diseño (tanto en su valor medio como a nivel del 5° percentil). Cualquier modificación a la Regla de Clasificación sería poco efectiva en este caso y resulta más conveniente reubicar a esta especie en un grupo inferior.

En términos generales la Regla de Clasificación Visual propuesta puede considerarse adecuada, requiriéndose sólo pequeñas modificaciones. Se proponen algunas alteraciones en lo relativo a médula, nudos sanos, ataques de hongos xilófagos, arqueaduras y escamaduras.

I N D I C E

Lista de Tablas	1	
Lista de Figuras	vi	
Reconocimiento	viii	
1	Introducción	1
2	Material y Metodología de Ensayo	2
2 1	Alcances del estudio	2
2 2	Especies estudiadas	2
2 3	Colección de muestras	5
2 4	Condición de las vigas al ensayarse	7
2 5	Registro de defectos y clasificación	9
2 6	Metodología de ensayo	9
2 7	Ensayos complementarios	11
3	Resultados de los Ensayos	12
4	Rigidez y Resistencia de Vigas en Relación a las Propiedades Mecánicas Observadas en Probetas Pequeñas	29
4 1	Módulo de elasticidad en probetas vs módulo de elasticidad en vigas	29
4 2	Módulo de rotura en probetas vs, módulo de rotura en vigas	36
4.3	Módulo de elasticidad como predictor del módulo de rotura	43
5	Influencia de Defectos en la Rigidez y Resistencia de Vigas a Escala Natural	47
5 1	Defectos más significativos	47
5.2	Médula	49

5 3	Duramen quebradizo	50
5 4	Grano inclinado	51
5 5	Nudos sanos	55
5 6	Nudos huecos, deteriorados o atacados	56
5 7	Fallas de compresión	57
5 8	Perforaciones pequeñas	58
5 9	Perforaciones grandes	59
5 10	Ataques de hongos	60
5 11	Alabeos	60
5 12	Grietas de secado	61
5 13	Rajaduras	62
5 14	Escamaduras o Acebolladuras	62
6	Conclusiones	64
	Referencias	66
Apéndice A	Regla de Clasificación Visual para Madera Estructural del PADT-REFORT	
Apéndice B	Defectos Observados en las Vigas Ensayadas	
Apéndice C	Propiedades Físicas y Mecánicas de las Vigas Ensayadas	
Apéndice D	Forma de Falla y su Relación con los Defectos Observados en las Vigas	
Apéndice E	Tablas Relativas a la Influencia de Defectos en las Propiedades Mecánicas	

Lista de Tablas

- 2 1 Tiempo promedio de apilado de las vigas ensayadas en condición seca al aire
- 2 2 Número de vigas de cada especie ensayadas en cada condición
- 3 1 Valores medios de las propiedades mecánicas para las vigas de las diversas especies ensayadas
- 3 2 Valores mínimos de las propiedades mecánicas para las vigas de las diversas especies ensayadas
- 5 1 Valores medios del Factor de Calidad y la razón MOE vigas/MOE probetas para vigas con diversas orientaciones de corte y con grano inclinado en la zona central
- B 1 Defectos observados en las vigas de Marupá (Simarouba amara)
- B 2 Defectos observados en las vigas de Catahua amarilla (Hura crepitans)
- B 3 Defectos observados en las vigas de Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)
- B 4 Defectos observados en las vigas de Manchinga (Brosimum uleanum)
- B 5 Defectos observados en las vigas de Estoraque (Myroxylon peruiferum)
- C 1 Resumen de propiedades físicas y mecánicas de 35 vigas de Marupá (Simarouba amara) ensayadas en condición verde
- C 2 Propiedades físicas y mecánicas de 73 vigas de Marupá (Simarouba amara) ensayadas en condición seca al aire
- C 3 Propiedades físicas y mecánicas de 62 vigas de Catahua amarilla (Hura crepitans) ensayadas en condición verde.
- C 4 Propiedades físicas y mecánicas de 72 vigas de Catahua amarilla (Hura crepitans) ensayadas en condición seca al aire.
- C 5 Propiedades físicas y mecánicas de 56 vigas de Tornillo (Cedrelinga catenaeformis) ensayadas en condición verde
- C 6 Propiedades físicas y mecánicas de 55 vigas de Tornillo (Cedrelinga catenaeformis) ensayadas en condición seca al aire

- C 7 Propiedades físicas y mecánicas de 106 vigas de Manchinga (Brosimum uleanum) ensayadas en condición seca al aire
- C 8 Propiedades físicas y mecánicas de 67 vigas de Estoraque (Myroxylon peruiferum) ensayadas en condición seca al aire
- D 1 Forma de falla y su relación con los defectos observados en las vigas de Marupá (Simarouba amara) ensayadas en condición verde
- D 2 Forma de falla y su relación con los defectos observados en las vigas de Marupá (Simarouba amara) ensayadas en condición seca al aire
- D 3 Forma de falla y su relación con los defectos observados en las vigas de Catahua amarilla (Hura crepitans) ensayadas en condición verde.
- D 4 Forma de falla y su relación con los defectos observados en las vigas de Catahua amarilla (Hura crepitans) ensayadas en condición seca al aire
- D 5 Forma de falla y su relación con los defectos observados en las vigas de Tornillo (Cedrelinga catenaeformis) ensayadas en condición verde
- D 6 Forma de falla y su relación con los defectos observados en las vigas de Tornillo (Cedrelinga catenaeformis) ensayadas en condición seca al aire
- D 7 Forma de falla y su relación con los defectos observados en las vigas de Manchinga (Brosimum uleanum) ensayadas en condición seca al aire
- D 8 Forma de falla y su relación con los defectos observados en las vigas de Estoraque (Myroxylon peruiferum) ensayadas en condición seca al aire.
- E 1 Efecto de la médula en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 2 Efecto del duramen quebradizo en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 3 Efecto del grano inclinado en la zona central sobre la resistencia y rigidez de las vigas
- E 4 Efecto del grano inclinado en cualquier zona sobre la resistencia y rigidez de las vigas

- E 5 Efecto de nudos sanos en la zona 2 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 6 Efecto de nudos sanos en la zona 8 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 7 Efecto de nudos sanos en las zonas 4 y 6 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 8 Efecto de nudos huecos en la zona 2 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 9 Efecto de nudos huecos en la zona 8 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 10 Efecto de nudos huecos en las zonas 4 y 6 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 11 Efecto de las fallas de compresión en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 12 Efecto de perforaciones pequeñas en la zona 2 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 13 Efecto de perforaciones pequeñas en la zona 8 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 14 Efecto de perforaciones pequeñas en las zonas 4 y 6 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 15 Efecto de perforaciones grandes en la zona 2 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 16 Efecto de perforaciones grandes en la zona 8 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 17 Efecto de perforaciones grandes en las zonas 4 y 6 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 18 Efecto de ataque de hongos en la zona 2 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 19 Efecto de ataque de hongos en la zona 8 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 20 Efecto de ataque de hongos en las zonas 4 y 6 en la resistencia y rigidez de las vigas

- E 21 Efecto de la arqueadura en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 22 Efecto de grietas de secado en las zonas 4 y 6 en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 23 Efecto de rajaduras en la resistencia y rigidez de las vigas
- F 24 Efecto de escamaduras (acebolladuras) en la resistencia y rigidez de las vigas
- E 25 Efecto de la médula en la relación entre propiedades mecánicas de vigas y probetas
- E 26 Efecto del duramen quebradizo en la relación entre propiedades mecánicas de vigas y probetas
- E 27 Efecto del grano inclinado en la zona central en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 28 Efecto del grano inclinado en cualquier zona en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 29 Efecto de nudos sanos en la zona 2 en la relación entre propiedades de vigas y probetas
- E 30 Efecto de nudos sanos en la zona 8 en la relación entre propiedades de vigas y probetas
- E 31 Efecto de nudos sanos en las zonas 4 y 6 en la relación entre propiedades de vigas y probetas
- E 32 Efecto de nudos huecos en la zona 2 en la relación entre propiedades de vigas y probetas
- E 33 Efecto de nudos huecos en la zona 8 en la relación entre propiedades de vigas y probetas
- E 34 Efecto de nudos huecos en las zonas 4 y 6 en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 35 Efecto de las fallas de compresión en la relación entre propiedades mecánicas de vigas y probetas
- E 36 Efecto de perforaciones pequeñas en la zona 2 en la relación de propiedades de vigas y probetas

- E 37 Efecto de perforaciones pequeñas en la zona 8 en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 38 Efecto de perforaciones pequeñas en zonas 4 y 6 en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 39 Efecto de perforaciones grandes en la zona 2 en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 40 Efecto de perforaciones grandes en la zona 8 en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 41 Efecto de perforaciones grandes en zonas 4 y 6 en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 42 Efecto de ataques de hongos en la zona 2 en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 43 Efecto de ataques de hongos en la zona 8 en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 44 Efecto de ataques de hongos en zonas 4 y 6 en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 45 Efecto de la arqueadura en la relación entre propiedades de vigas y probetas
- E 46 Efecto de grietas de secado en zonas 4 y 6 en la relación de propiedades de vigas y probetas
- E 47 Efecto de rajaduras en la relación entre propiedades mecánicas de vigas y probetas
- E 48 Efecto de escamaduras en la relación entre propiedades mecánicas de vigas y probetas

Lista de Figuras

- 1 Zonas de extracción de la madera
- 2 Equipo de ensayo
- 3 Curvas típicas carga-deflexión para vigas a escala natural
Especie Marupá (*Simarouba amara*)
- 4 Curvas típicas carga-deflexión para vigas a escala natural
Especie Catahua amarilla (*Hura crepitans*)
- 5 Curvas típicas carga-deflexión para vigas a escala natural
Especie Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*)
- 6 Curvas típicas carga-deflexión para vigas a escala natural
Especie Manchinga (*Brosimum uleanum*)
- 7 Curvas típicas carga-deflexión para vigas a escala natural
Especie Estoraque (*Myroxylon peruiferum*)
- 8 Histogramas del módulo de rotura en vigas y probetas de Marupá
(*Simarouba amara*)
- 9 Histogramas del módulo de rotura en vigas y probetas de Catahua
amarilla (*Hura crepitans*)
- 10 Histogramas del módulo de rotura en vigas y probetas de Tornillo
(*Cedrelinga catenaeformis*)
- 11 Histogramas del módulo de rotura en vigas y probetas de Manchinga
(*Brosimum uleanum*) y Estoraque (*Myroxylon peruiferum*)
- 12 Histogramas del módulo de elasticidad en vigas y probetas de Marupá
(*Simarouba amara*)
- 13 Histogramas del módulo de elasticidad en vigas y probetas de
Catahua amarilla (*Hura crepitans*)
- 14 Histogramas del módulo de elasticidad en vigas y probetas de
Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*)

- 15 Histogramas del módulo de elasticidad en vigas y probetas de Manchinga (*Brosimum uleanum*) y Estoraque (*Myroxylon peruiferum*)
- 16 Histogramas del módulo de elasticidad en vigas y probetas Vigas aceptadas por la Regla de Clasificación Visual vs vigas rechazadas
- 17 Histogramas para la razón entre módulo de elasticidad en vigas y módulo de elasticidad en probetas, para cada una de las especies ensayadas
- 18 Histogramas para la razón entre módulo de elasticidad en vigas y módulo de elasticidad en probetas Vigas ensayadas en condición verde vs vigas ensayadas en condición seca al aire
- 19 MOE vigas vs MOE probetas para 511 vigas ensayadas
- 20 MOE vigas vs MOE probetas para vigas aceptadas según la Regla de Clasificación Visual
- 21 Histogramas para la razón entre módulo de rotura en vigas y módulo de rotura en probetas Vigas aceptadas por la Regla de Clasificación Visual vs vigas rechazadas
- 22 Histogramas para la razón entre módulo de rotura en vigas y módulo de rotura en probetas, para cada una de las especies estudiadas
- 23 Histogramas para la razón entre módulo de rotura en vigas y módulo de rotura en probetas Vigas ensayadas en condición verde vs vigas ensayadas en condición seca al aire
- 24 MOR vigas vs MOR probetas para 511 vigas ensayadas
- 25 MOR vigas vs MOR probetas para vigas aceptadas según la Regla de Clasificación Visual
- 26 MOR vs MOE en probetas pequeñas libres de defectos
- 27 MOR vs MOE para el conjunto de 526 vigas
- 28 MOR vs MOE para vigas aceptadas según la Regla de Clasificación Visual
- 29 Zonas consideradas para la descripción de los defectos observados en cada viga

RECONOCIMIENTO

El programa de ensayos que es materia de este informe corresponde a la Segunda Fase del Estudio Integral de la Madera para la Construcción, que forma parte de los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT) de la Junta del Acuerdo de Cartagena.

Este y otros estudios afines fueron posibles gracias al apoyo financiero del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) del Canadá

Los ensayos de vigas y el procesamiento de la información se realizaron en el Laboratorio Andino de Ingeniería de la Madera (LADIMA), con la participación de Ana María Sibille de Párraga, Fernando Alvarez, Antonio Collao, Alberto Sato, Héctor Segura, Hugo Scaletti, Luis Vargas Loli y Manuel Villena. Los ensayos de probetas se hicieron en el Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria "La Molina", en Lima, con la supervisión de los ingenieros Antonio Aróstegui y Alberto Sato

El informe fue preparado por el Dr. Hugo Scaletti. Se agradece al Dr. Fred J. Keenan, de la Universidad de Toronto, quien revisó la versión preliminar de este informe e hizo valiosos comentarios y sugerencias.

1 INTRODUCCION

En la primera fase del Estudio Integral de la Madera para la Construcción del PADT-REFORT se estudiaron las propiedades físicas y mecánicas más importantes de 104 especies de la Subregión Andina. Para 46 de estas especies se hicieron ensayos de flexión con vigas a escala natural. Como resultado de estos ensayos, e incorporando la experiencia con especies latifoliadas de otras regiones, se ha propuesto una Regla de Clasificación Visual para Madera Estructural (1). Esta es una norma de control de calidad del material. Se han propuesto igualmente esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad para la madera clasificada como estructural (2).

El programa de ensayos aquí considerado tuvo por objeto verificar la eficacia de esta Regla de Clasificación para rechazar las piezas de madera con rigidez y/o resistencia bajas y no rechazar aquellas con propiedades mecánicas aceptables. Todos los ensayos se hicieron a flexión.

Las maderas latifoliadas propias de la subregión Andina tienen por lo general resistencias mucho mayores que las maderas de coníferas, pero -a igual densidad- poseen módulos de elasticidad similares. El diseño de los elementos a flexión está controlado por deflexiones, a diferencia de lo que ocurre con otras maderas, para las que la resistencia es el factor limitante en la mayor parte de los casos.

Si se tratara de establecer una regla de clasificación específica para elementos a flexión, debería ponerse especial énfasis en aspectos de durabilidad y en la posible influencia de defectos en el módulo de elasticidad aparente. Sin embargo, la Regla de Clasificación propuesta se refiere a elementos estructurales en general y no específicamente a vigas. Por lo tanto, aun reconociendo que los resultados obtenidos no son necesariamente aplicables a elementos con otros tipos de solicitación, se justifica analizar no sólo la influencia de los defectos en la rigidez, sino también sus efectos en la resistencia.

2 0 MATERIAL Y METODOLOGIA DE ENSAYO

2 1 Alcances del Estudio

La información analizada en los capítulos siguientes procede del ensayo de 526 vigas, de 5 especies, de aproximadamente 4 cm x 14 cm de sección transversal y 3 00 m de luz, sometidas a flexión por acción de cargas estáticas. También se consideran resultados de ensayos de probetas libres de defectos tomadas de las mismas vigas.

Los resultados obtenidos son estrictamente aplicables sólo a elementos de las dimensiones indicadas sometidos a flexión. Aunque las conclusiones pueden extrapolarse a vigas de otras dimensiones, no son necesariamente válidas para elementos con otros tipos de solicitaciones, como por ejemplo estados de tracción pura o flexocompresión.

2 2 Especies Estudiadas

Se ensayaron vigas de 5 especies representativas de diversos rangos de densidad.

- Simarouba amara Esta especie, de la familia Simaroubaceae, existe en los cinco países de la Subregión Andina. Se conoce con los nombres vulgares Marupá (Perú, Colombia), Amargo (Bolivia), Cedro Amargo (Ecuador) o Simaruba (Venezuela).

Los árboles de esta especie presentan fuste recto, cilíndrico y sin aletas. La altura comercial promedio es de 20 m, el diámetro a la altura del pecho es de 70 cm.

La madera es de baja densidad (Densidad Básica promedio = 0 35). La albura es de color blanco, con transición gradual a duramen de color blanco amarillento o crema. El grano es recto. La textura es media. Los poros y radios son visibles a simple vista.

Tanto la albura como el duramen son atacables por insectos. La madera es atacable por hongos xilófagos. La médula es particularmente susceptible a estos ataques.

- Hura crepitans Es una especie de la familia Euphorbiaceae. Se conoce como Catahua Amarilla (Perú), Ochoó (Bolivia), Ceibo Lechoso (Colombia), Habillo (Ecuador) o Jabillo (Venezuela). Los árboles tienen tronco recto cilíndrico, con base abultada. La altura comercial promedio es 10 m, con un diámetro a la altura del pecho de 90 cm. La madera es de densidad media (DB = 0.40). La albura es de color blanco cremoso, con transición gradual a duramen pardo amarillento claro o gris olivo. El grano es recto o levemente entrecruzado. La textura es media. La albura es atacable por insectos que ocasionan perforaciones pequeñas. El siguiente defecto en importancia para esta especie es el grano inclinado. Las fallas de compresión son frecuentes.

- Cedrelinga catenaeformis Es una especie de la familia Mimosaceae, que se conoce con los nombres vulgares Tornillo (Perú), Achapo (Colombia) o Seique (Ecuador). Los árboles de esta especie tienen fuste recto, cilíndrico, dominante, con una altura comercial promedio de 30 m. El diámetro promedio a la altura del pecho es de 65 cm. La madera es de densidad media (DB = 0.50) */. La albura es de color crema amarillento, bien diferenciada del duramen, de color marrón rojizo pálido. El grano es entrecruzado. La textura es gruesa. Los poros son visibles a simple vista. La albura es susceptible a los ataques biológicos. El duramen es poco susceptible al ataque de hongos e insectos. El defecto predominante en esta especie es el grano inclinado. Las fallas de compresión son muy frecuentes en Tornillo de ciertas procedencias, distintas de las consideradas para este estudio.

*/ Valor medio para las vigas estudiadas. La madera de la misma especie pero de otras procedencias tiene distinta densidad (3)

- Brosimum uleanum Esta especie, de la familia Moraceae, se conoce con los nombres vulgares Manchinga (Perú), Avichuri (Colombia) o Tillo (Ecuador)

En los árboles de esta especie el tronco es generalmente recto cilíndrico, con aletas pronunciadas, de hasta 3 m de altura. La altura comercial promedio es del orden de 15 m. El diámetro promedio por encima de las raíces tablares es de 50 cm.

La madera es de densidad alta (DB = 0.68). La albura es de color crema, con transición gradual a duramen de color pardo amarillento.

El grano es entrecruzado. La textura es fina.

Los defectos característicos de la especie son el grano inclinado y las perforaciones pequeñas de Ambrosia. La albura es atacable por hongos xilófagos.

- Myroxylon peruiferum Es una especie de la familia Papilionaceae. Los nombres vulgares utilizados en la Subregión son Estoraque (Perú, Venezuela), Palo Trébol (Bolivia), Bálsamo (Colombia) o Sándalo (Ecuador). Los árboles de esta especie son de tronco recto cilíndrico, con aletas tablares de hasta 2 m de altura. La altura comercial promedio es de 17 m, el diámetro promedio por encima de las raíces tablares es de 70 cm. La madera es de densidad muy alta (DB = 0.78). La albura es de color marrón muy pálido, bien diferenciada del duramen, de color pardo rojizo. El grano es entrecruzado. La textura es entre media y fina. El defecto más importante en esta especie es también la inclinación del grano. La albura es atacable por insectos (perforaciones pequeñas) y hongos. El duramen presenta ocasionalmente perforaciones grandes.

Una descripción más detallada de las características anatómicas de las especies estudiadas puede encontrarse en la referencia (3).

En las referencias (4 a 9) se presentan resultados de ensayos de propiedades físicas y mecánicas de éstas y otras especies de la Subregión.

2 3 Colección de Muestras

Toda la madera utilizada en los ensayos fue colectada directamente del bosque que

Las vigas de Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*) procedieron de Tingo María (Huánuco - Perú) El mapa de la figura 1 muestra la zona de extracción que corresponde a bosque húmedo tropical

Tanto las vigas de Marupá (*Simarouba amara*) como las de Catahua amarilla (*Hura crepitans*) procedieron de Pucallpa (Ucayali, Perú) Esta zona es de bosque muy húmedo premontano tropical en transición a bosque muy húmedo tropical

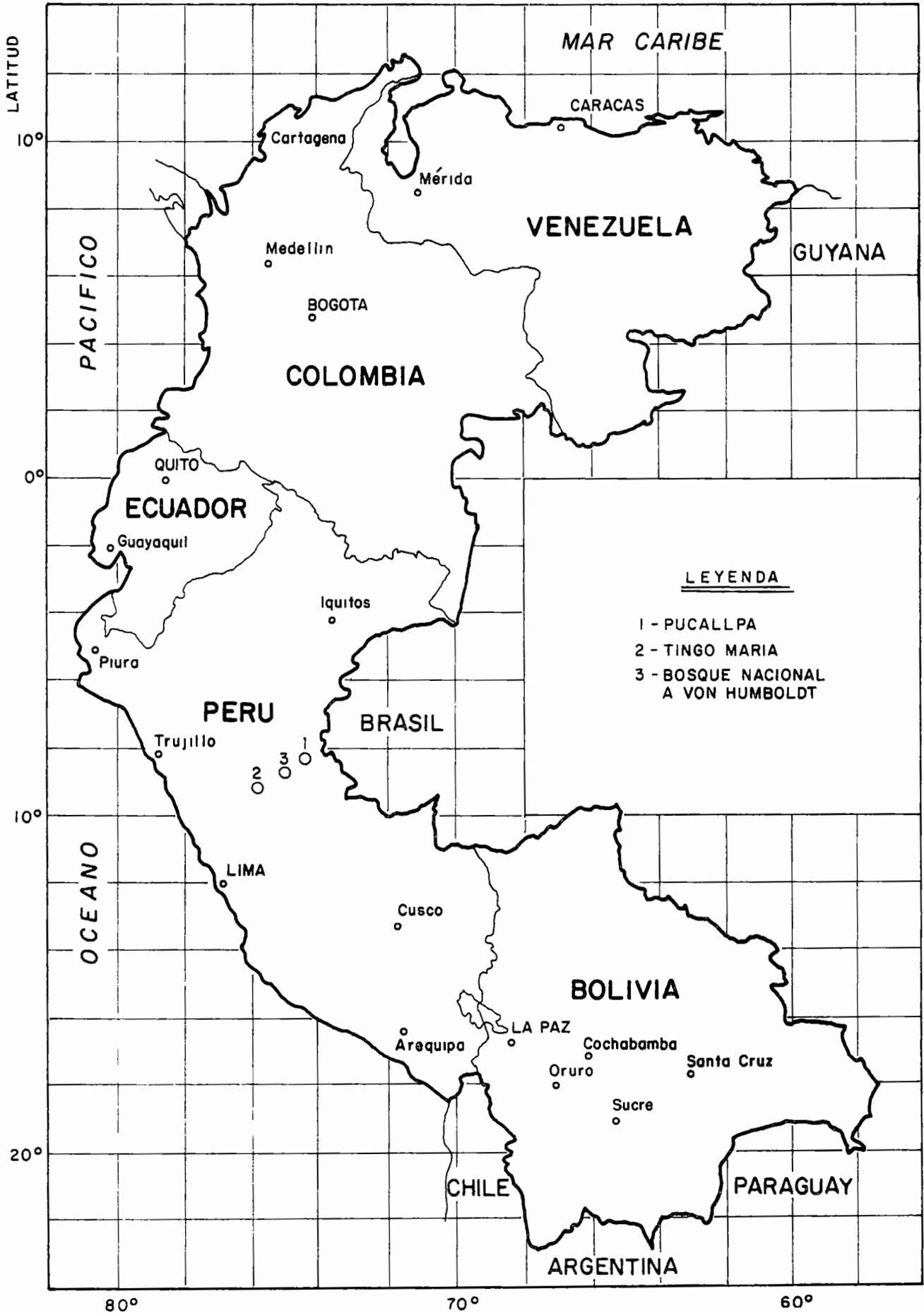
La Manchinga (*Brosimum uleanum*) y el Estoraque (*Myroxylon peruiferum*) se colectaron en el Bosque Nacional Alexander Von Humbolt (Ucayali, Perú), que corresponde a bosque húmedo tropical

Se colectaron un total de 12 árboles de Tornillo, 12 árboles de Catahua, 13 árboles de Marupá, 9 árboles de Manchinga y 7 de Estoraque De cada árbol se sacaron entre una y tres trozas, tomándose entre tres y nueve vigas de cada troza

La madera fue transportada desde las zonas de extracción al laboratorio de ensayos, ubicado en Lima, en cuartones de 7" x 7", de cada uno de los cuales se reaserraron 3 vigas Excepción a lo anterior fueron la Manchinga y el Estoraque Por ser estas especies moderadamente difíciles de aserrar, las piezas se prepararon directamente a 2 1/4" x 7" La longitud de las piezas fue en promedio de 4 m

Las trozas de Catahua fueron preservadas por aspersión, para reducir el ataque de insectos También se aplicaron preservantes (sales hidrosolubles) a las vigas de Marupá, Catahua y Manchinga, después del aserrío

FIG 1 ZONAS DE EXTRACCION DE LA MADERA



2.4 Condición de las Vigas al Ensayarse

Aproximadamente un tercio de las vigas se ensayaron en condición verde, es decir con un contenido de humedad superior al punto de saturación de las fibras. El resto se ensayó en condición seca al aire, es decir al contenido de humedad de equilibrio (Apéndice C)

Excepto en el caso del Tornillo, las vigas ensayadas en condición verde procedieron de los mismos árboles y trozas que las vigas secas, repartiéndose la madera en proporción 1/2 para los ensayos en condición verde y seca al aire, respectivamente. Para el Tornillo ésto no fue posible, ya que la inclusión de vigas secas en el programa de ensayos se decidió después de completar los ensayos de esta especie en condición verde.

Para la Manchinga y el Estoraque se consideraron también dos grupos de vigas, para ser ensayadas en condición verde y seca al aire. Sin embargo, como resultado de demoras imprevistas en el transporte, la madera llegó al laboratorio de ensayos 4 meses después del aserrío y, dadas sus dimensiones relativamente pequeñas, con contenidos de humedad aproximadamente iguales al contenido de humedad equilibrio.

Las vigas programadas para ensayos en condición verde se mantuvieron en un ambiente saturado hasta el inicio de los ensayos, excepto por los periodos necesarios para el habilitado a las dimensiones finales y el registro de los defectos.

Las vigas para ser ensayadas en condición seca al aire se habilitaron a dimensiones 10% mayores, en previsión de contracciones, y se apilaron adecuadamente para evitar alabeos excesivos durante el secado.

La tabla 2.1 indica el tiempo promedio transcurrido entre la habilitación preliminar y el ensayo. Los contenidos de humedad tabulados son también promedios. La tabla 2.2 indica el número de vigas de cada especie ensayadas en cada condición.

Tabla 2 1 Tiempo Promedio de Apilado de las Vigas Ensayadas en Condición Seca al Aire

Especie	CH inicial	CH final	T (meses)
Marupá	50 1%	12 7%	8
Catahua Amarilla	48 9%	11.9%	8
Tornillo		15 7%	5
Manchinga	18 9%	15 8%	4
Estoraque	16 5%	13 8%	4

Tabla 2 2 Número de Vigas de Cada Especie Ensayadas en Cada Condición

Especies	Vigas Ensayadas en Condición Verde	Vigas en Condición Seca al Aire
Marupá	35	73
Catahua Amarilla	62	72
Tornillo	56	55
Manchinga	--	106
Estoraque	--	67
	<hr/> 153	<hr/> 373

2 5 Registro de Defectos y Clasificación

Se hizo un registro detallado de los defectos observados en cada viga, teniendo como referencia los defectos considerados en la Regla de Clasificación Visual para Madera Estructural del PADT-REFORT (1) Esta Regla de Clasificación se presenta en el apéndice A

Las tablas del apéndice B indican el tipo y la importancia de los defectos observados en cada una de las vigas antes de ensayarse

Para documentación adicional, se fotografiaron todas las vigas antes y después de los ensayos

Con el fin de verificar la aplicabilidad de la regla de clasificación, las vigas se calificaron como aceptadas (A) o rechazadas (R) La clasificación de cada viga se indica en el apéndice C Dado que el material de ensayo se seleccionó y habilitó tratando de incluir defectos, sólo 182 de las 526 vigas estudiadas fueron calificadas como aceptables

2 6 Metodología de Ensayo

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D 1988-67 (1974) (10)

Las vigas se colocaron sobre apoyos simples, con 3m de luz, sometiéndose a flexión por acción de cargas simétricas en los puntos tercios

Se utilizaron arriostres en dos secciones, intermedias entre los apoyos y los puntos de aplicación de carga, para restringir el pandeo lateral-torsional

Las fotografías de la figura 2 muestran el equipo utilizado



Marco de carga y equipo de medición
y registro de cargas y deflexiones



Vista del sistema de
aplicación de la carga

FIG 2
EQUIPO DE ENSAYO

Durante cada ensayo, la velocidad de deformación se mantuvo aproximadamente constante, alcanzándose la carga máxima en no menos de 6 ni más de 20 minutos

Se registraron cargas totales vs deflexión al centro. Con esta información se determinaron módulos de elasticidad (MOE), esfuerzos al límite proporcional (ELP) y módulos de rotura (MOR)

Igualmente, se registraron las formas de falla y su posible relación con los defectos de las vigas

2.7 Ensayos complementarios

Flexión estática en probetas pequeñas libres de defectos. Se tomaron dos probetas de 2.5 cm x 2.5 cm x 41 cm de zonas no afectadas por la falla, y en lo posible una del canto en tracción y otra del canto en compresión de la viga. Estas se ensayaron, en la misma condición de humedad de las vigas, según la norma ASTM D 143-52 (1972), parte II (11)

No fue posible obtener probetas libres de defectos en 15 vigas (7 de Marubá, 6 de Catahua Amarilla, 1 de Tornillo y 1 de Estoraque)

Para 37 vigas solo pudo obtenerse una probeta libre de defectos

Determinación de la densidad y contenido de humedad. Se tomaron dos probetas de cada viga, de zonas próximas a la falla, realizándose los ensayos según las normas COPANT 460 y 461 (12,13). Para el caso de vigas ensayadas en condición verde, las densidades reportadas son densidades básicas (masa seca al horno entre volumen verde). Para las vigas secas las densidades reportadas corresponden al contenido de humedad de equilibrio

3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

La información obtenida se refiere principalmente a las propiedades mecánicas de las vigas ensayadas y sus correspondientes probetas libres de defectos.

Las figuras 3 a 7 muestran curvas de carga vs deflexión al centro de la luz que pueden considerarse típicas para las vigas de las especies estudiadas. En promedio, se obtuvieron mayores rigideces y resistencias con las vigas de mayor densidad y menor contenido de humedad

En las vigas ensayadas en condición verde la mayor parte de las fallas se iniciaron en la zona sometida a máximos esfuerzos de compresión. En cambio, con las vigas ensayadas en condición seca al aire se tuvo mayor frecuencia de fallas originadas en el canto en tracción. Las excepciones más notorias se observaron en vigas donde los defectos tuvieron una relación muy clara con la forma de falla. Por lo general, la relación entre defectos y forma de falla fue más evidente en las vigas secas. También puede afirmarse que las vigas secas tuvieron menos redistribución de esfuerzos después de iniciarse la falla, con mayor frecuencia de fallas bruscas y ruidosas.

Las tablas del apéndice C resumen las propiedades mecánicas más importantes de cada una de las vigas ensayadas y promedios de las correspondientes probetas. En el apéndice D se indican las formas de falla y su posible relación con defectos observados antes de ensayar.

En las figuras 8 a 11 se presentan histogramas para el módulo de rotura en vigas y en probetas libres de defectos de cada especie, ensayadas en condición verde y en condición seca al aire. Las figuras 12 a 15 muestran histogramas para el módulo de elasticidad.

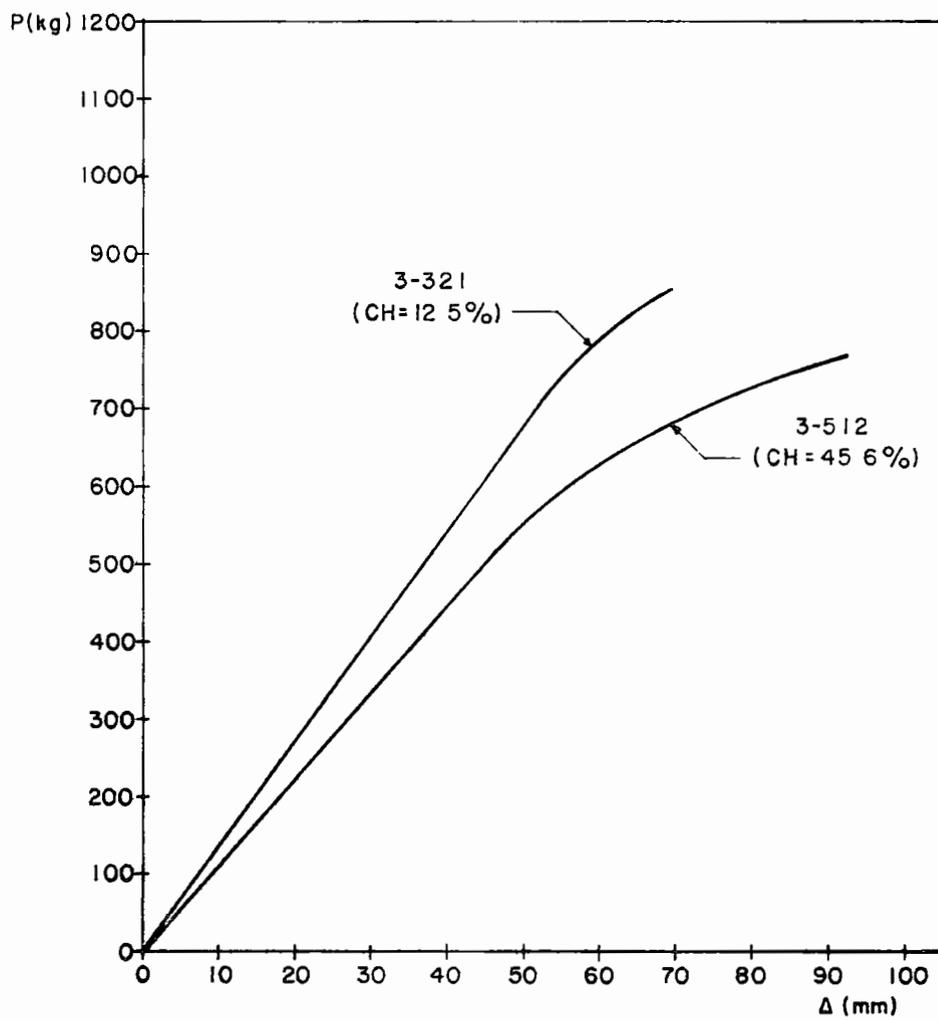


FIGURA 3 CURVAS TÍPICAS CARGA-DEFLEXIÓN PARA VIGAS A ESCALA NATURAL
ESPECIE MARUPA (SIMAROUBA AMARA)

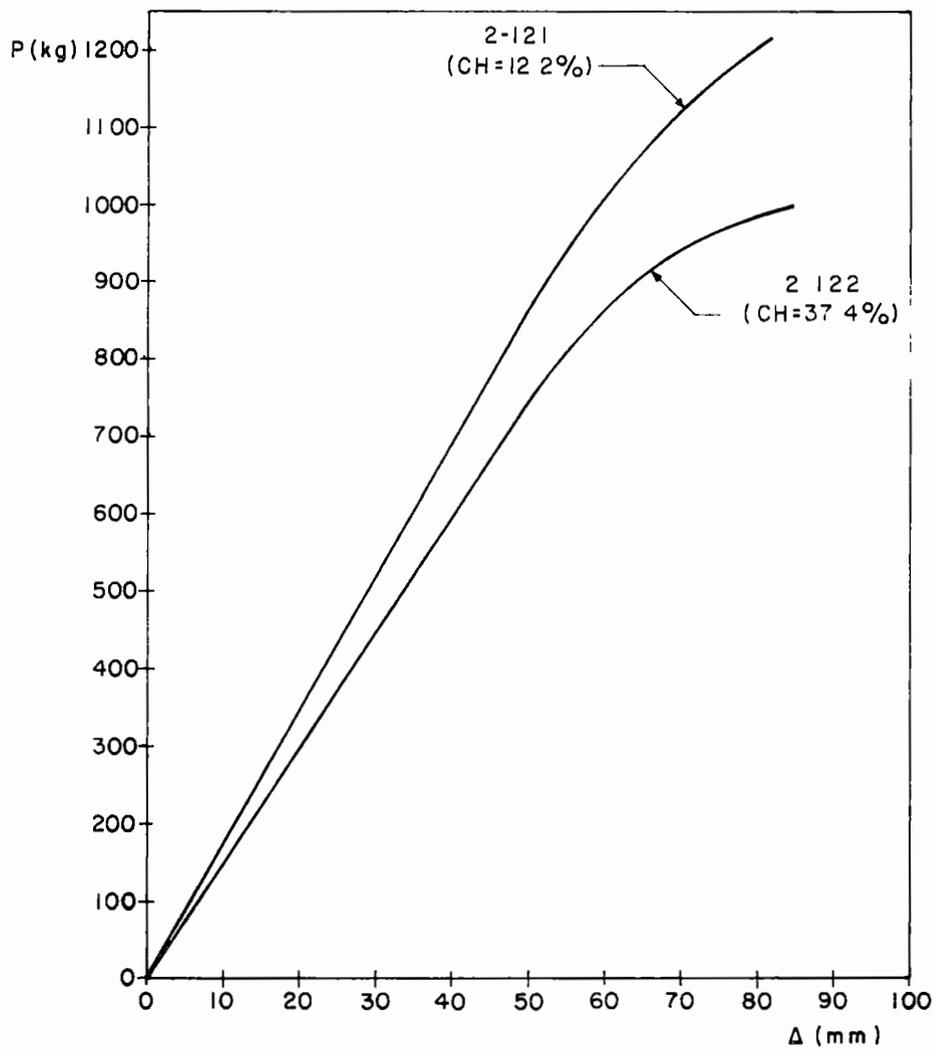


FIGURA 4 CURVAS TÍPICAS CARGA-DEFLEXIÓN PARA VIGAS A ESCALA NATURAL
ESPECIE CATAHUA AMARILLA (HURA CREPITANS)

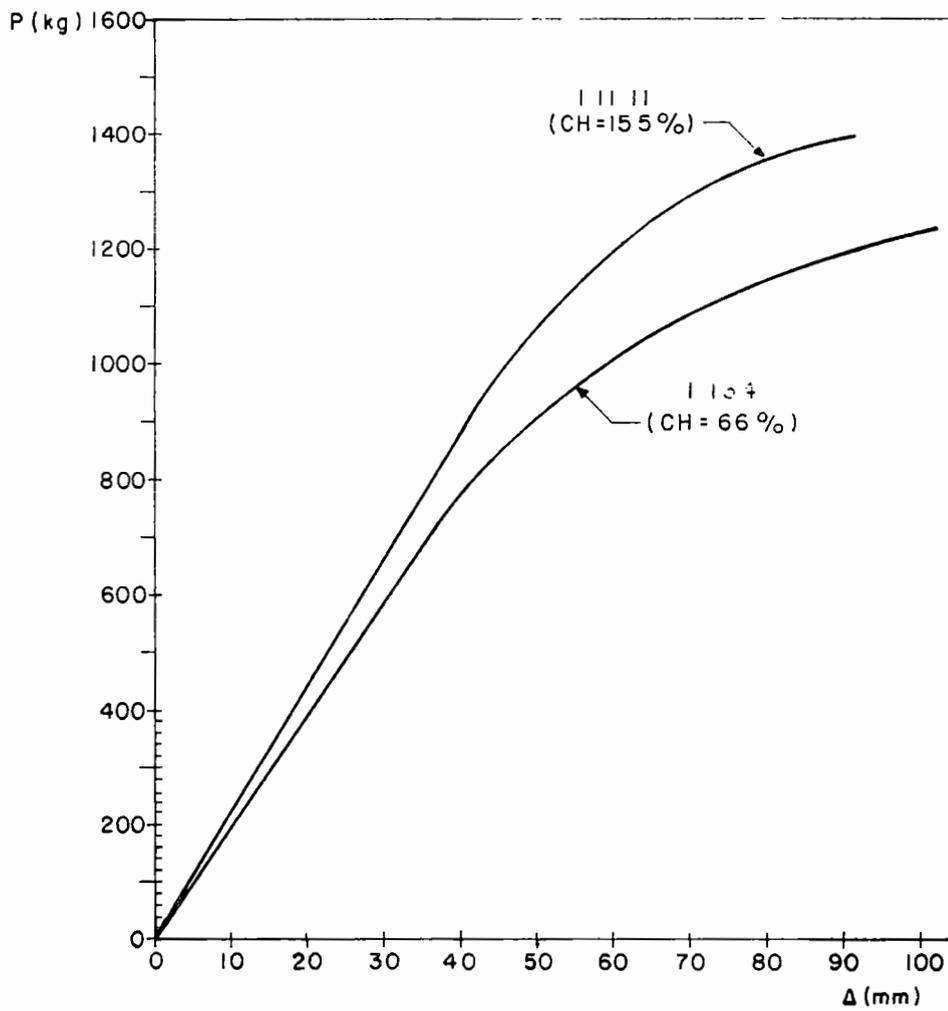


FIGURA 5 CURVAS TÍPICAS CARGA-DEFLEXIÓN PARA VIGAS A ESCALA NATURAL
ESPECIE TORNILLO (CEDRELINGA CATENAEFORMIS)

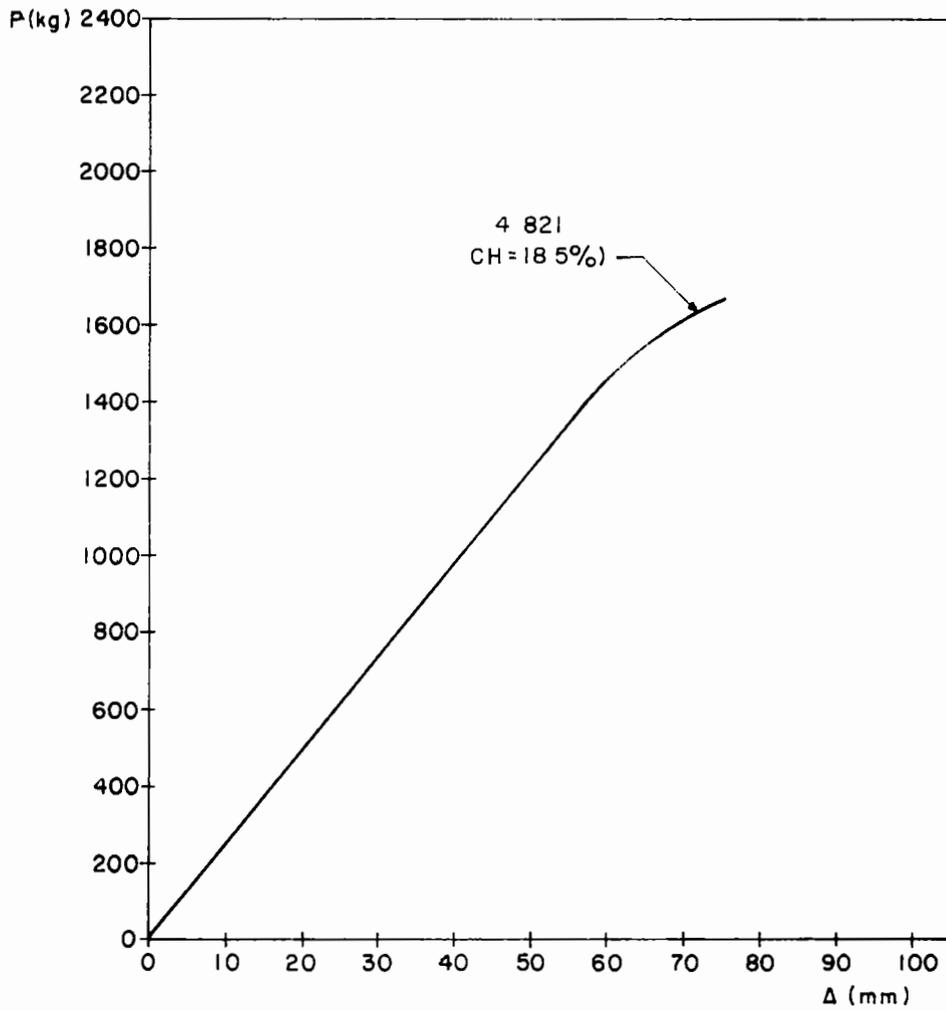


FIGURA 6 CURVA TIPICA CARGA-DEFLEXION PARA VIGA A ESCALA NATURAL
ESPECIE MANCHINGA (BROSIMUM ULEANUM)

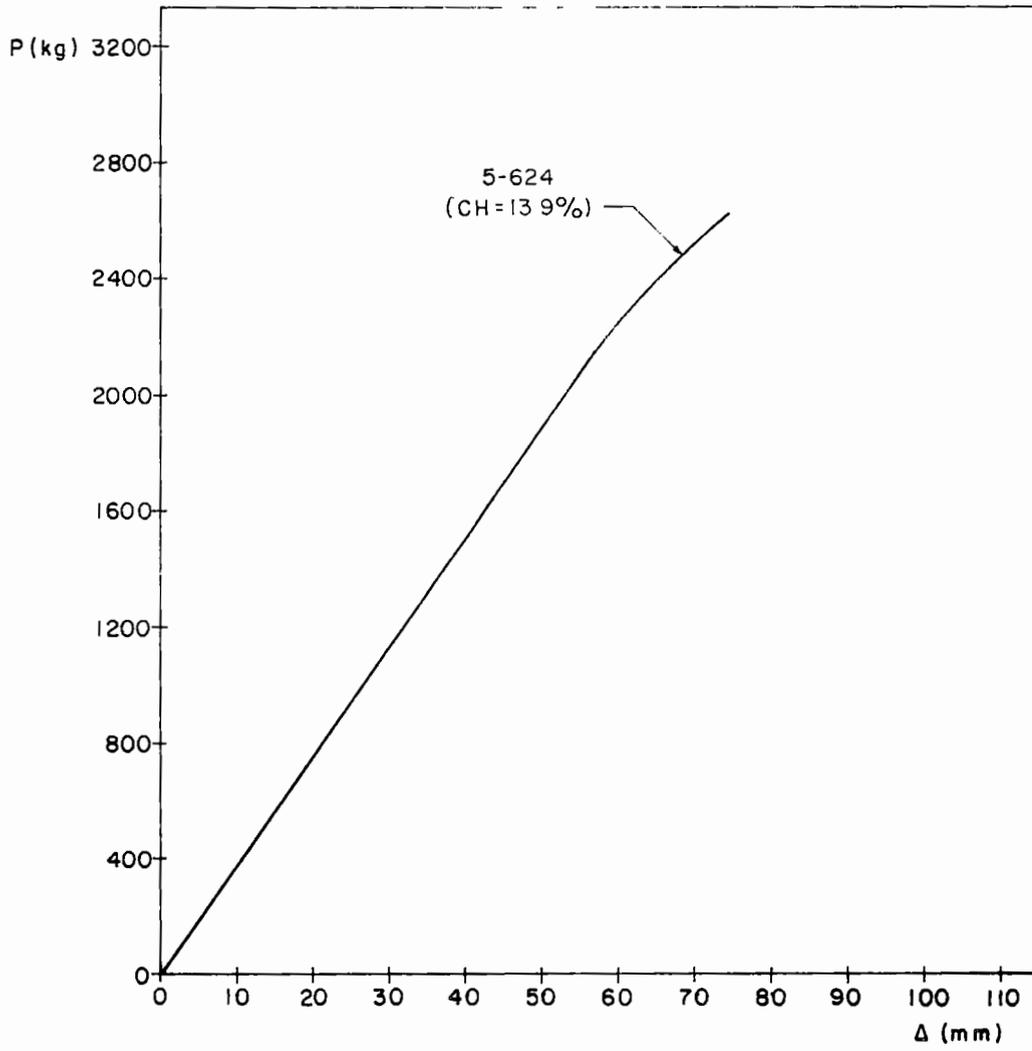


FIGURA 7 CURVA TIPICA CARGA-DEFLEXION PARA VIGA A ESCALA NATURAL ESPECIE ESTORAQUE (MYROXYLON PERUIFERUM)

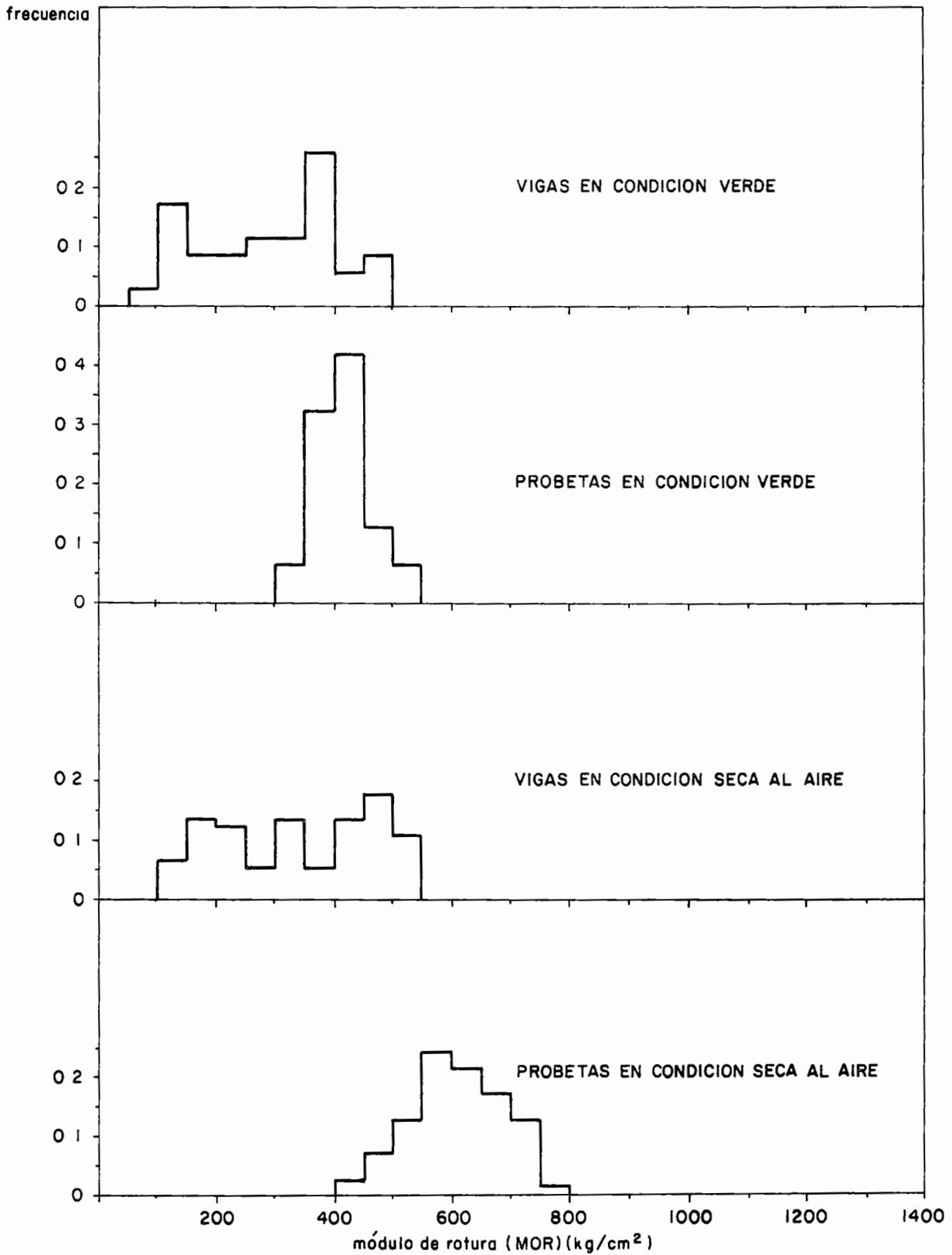


FIGURA 8 HISTOGRAMAS DEL MODULO DE ROTURA EN VIGAS Y PROBETAS DE MARUPA (SIMAROUBA AMARA)

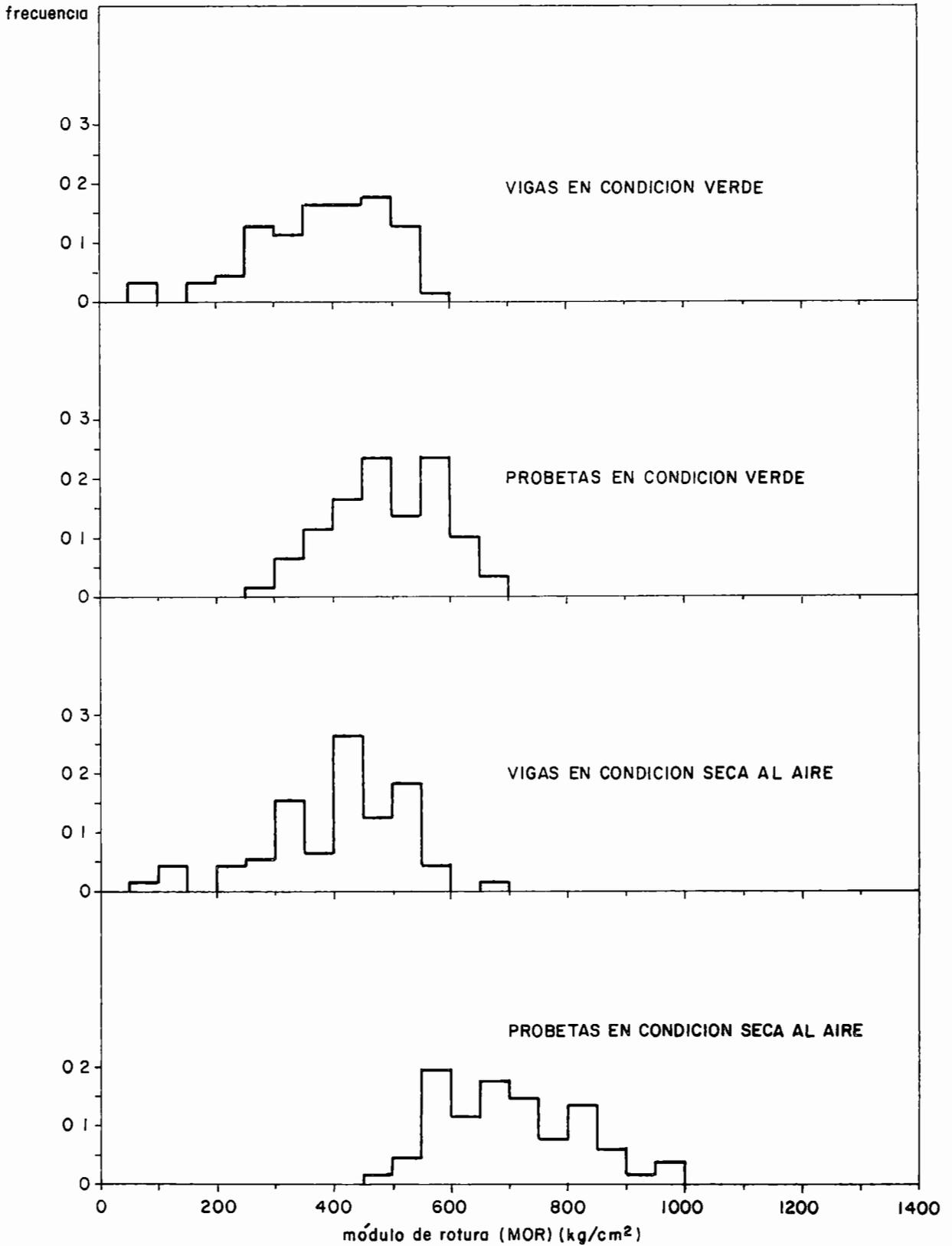


FIGURA 9 HISTOGRAMAS DEL MODULO DE ROTURA EN VIGAS Y PROBETAS DE CATAHUA AMARILLA (HURA CREPITANS)

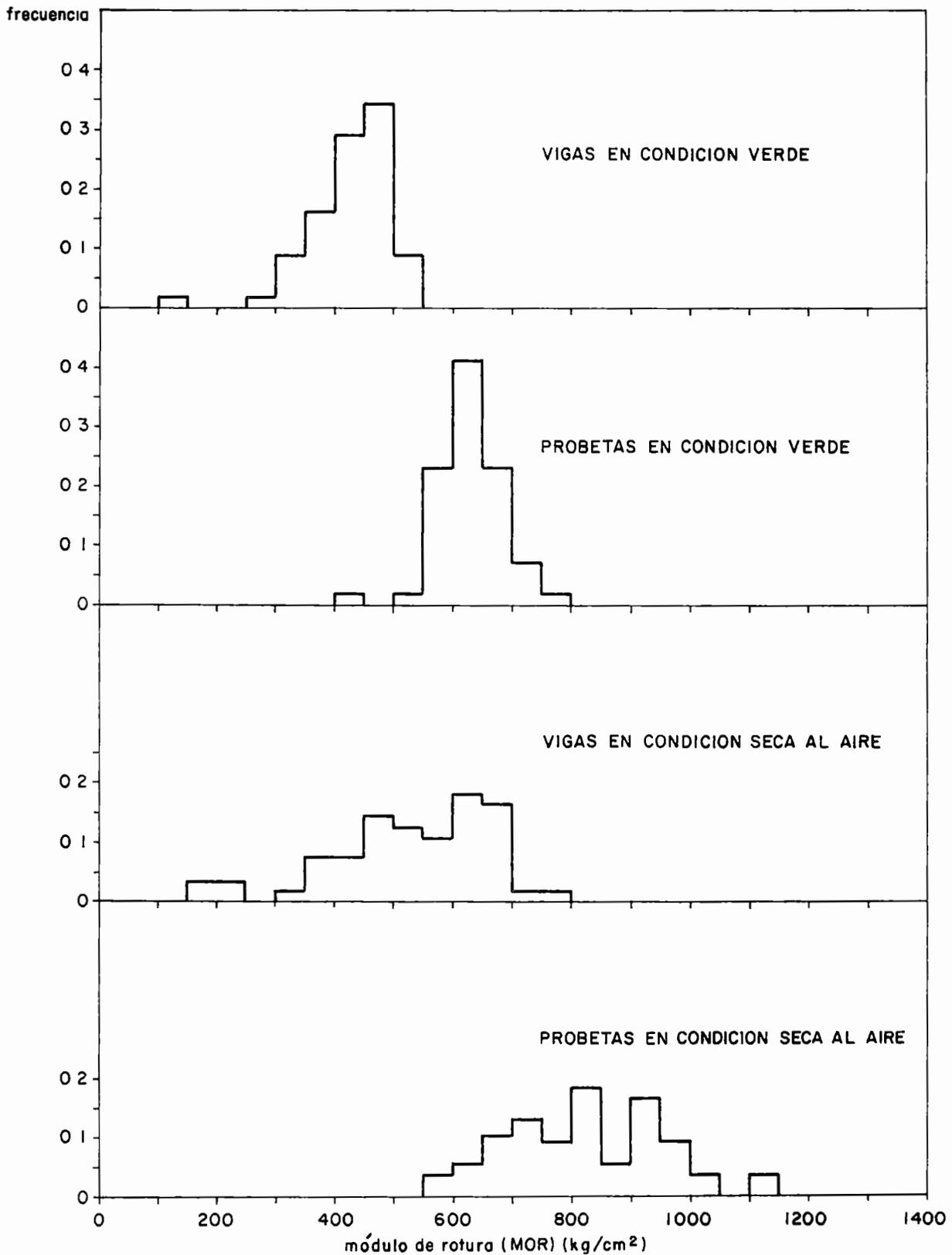


FIGURA 10 HISTOGRAMAS DEL MODULO DE ROTURA EN VIGAS Y PROBETAS DE TORNILLO (CEDRELINGA CATENAEFORMIS)

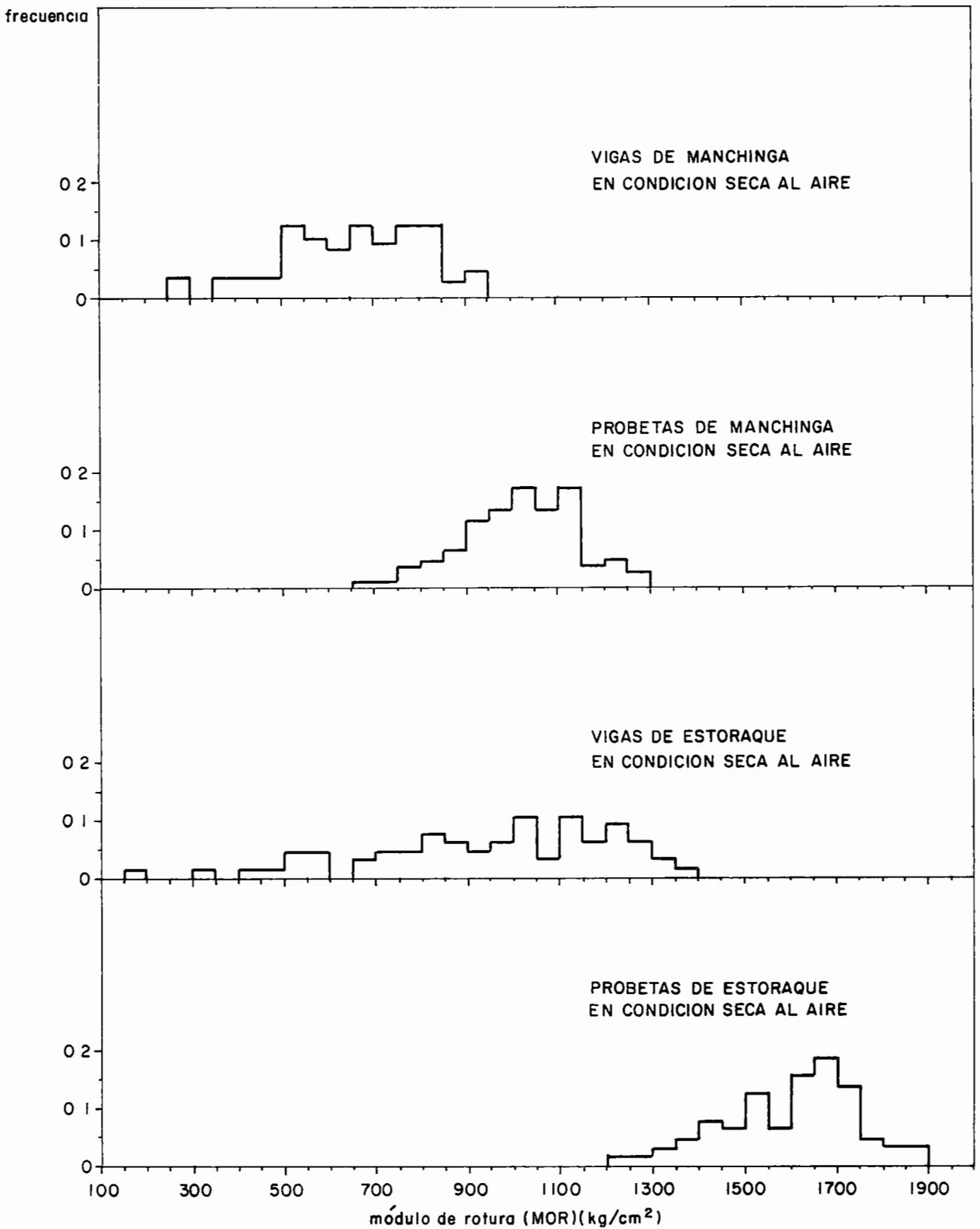


FIGURA 11 HISTOGRAMAS DEL MODULO DE ROTURA EN VIGAS Y PROBETAS DE MANCHINGA (BROSIMUM ULEANUM) Y ESTORAQUE (MYROXYLON PERUIFERUM)

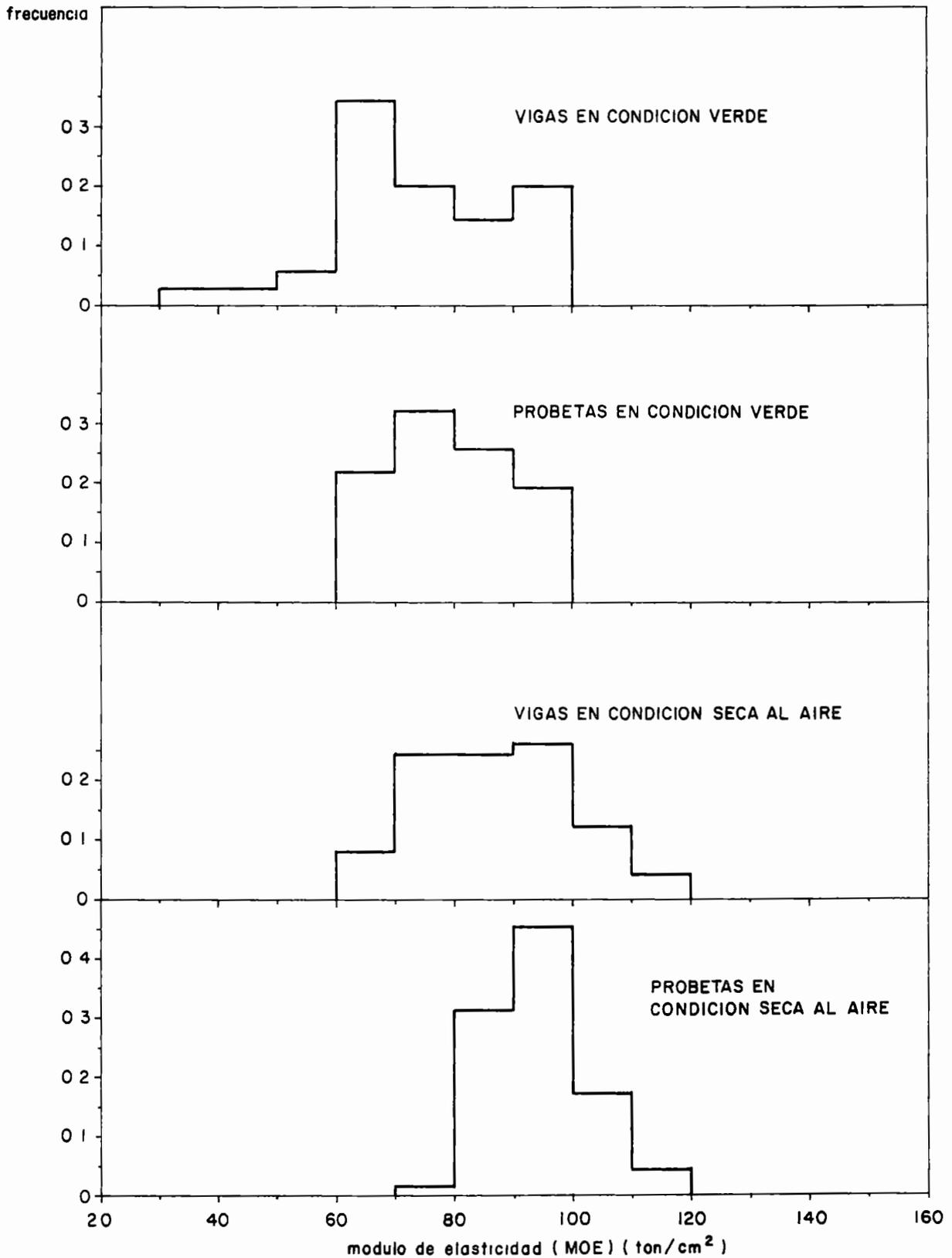


FIGURA 12 HISTOGRAMAS DEL MODULO DE ELASTICIDAD EN VIGAS Y PROBETAS DE MARUPA (SIMAROUBA AMARA)

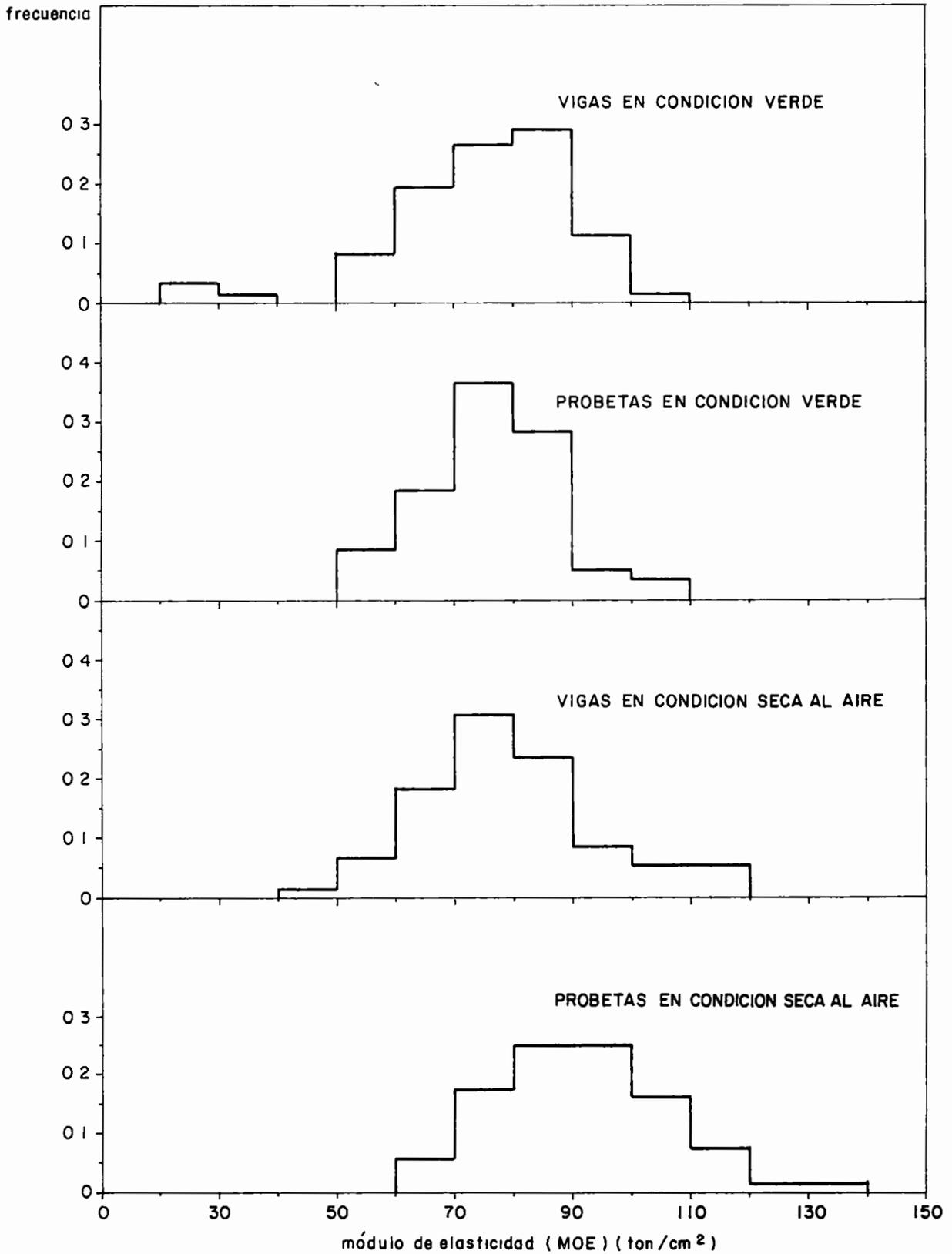


FIGURA 13 HISTOGRAMAS DEL MODULO DE ELASTICIDAD EN VIGAS Y PROBETAS DE CATAHUA AMARILLA (HURA CREPITANS)

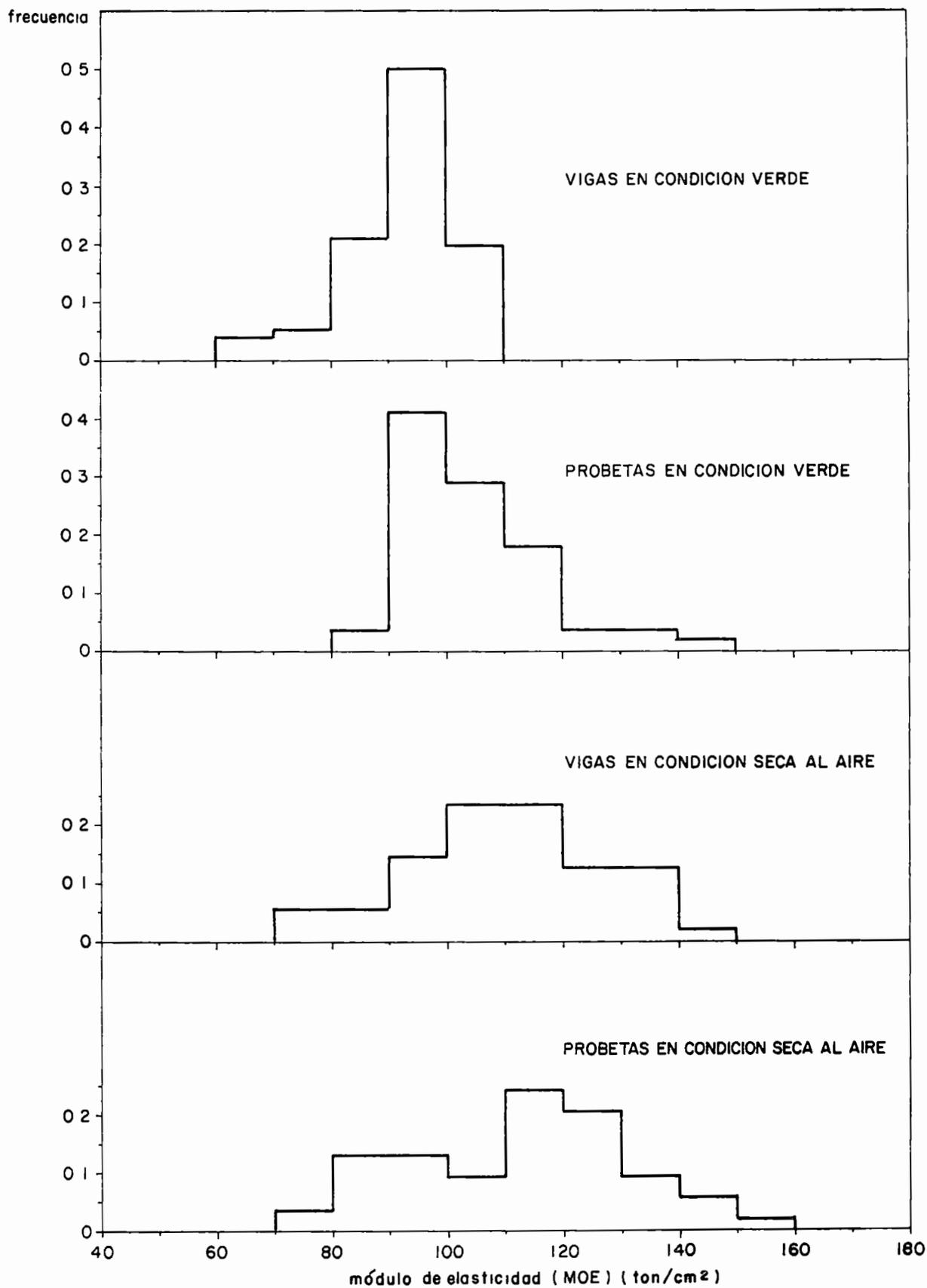


FIGURA 14 HISTOGRAMAS DEL MODULO DE ELASTICIDAD EN VIGAS Y PROBETAS DE TORNILLO (CEDRELINGA CATENAEFORMIS)

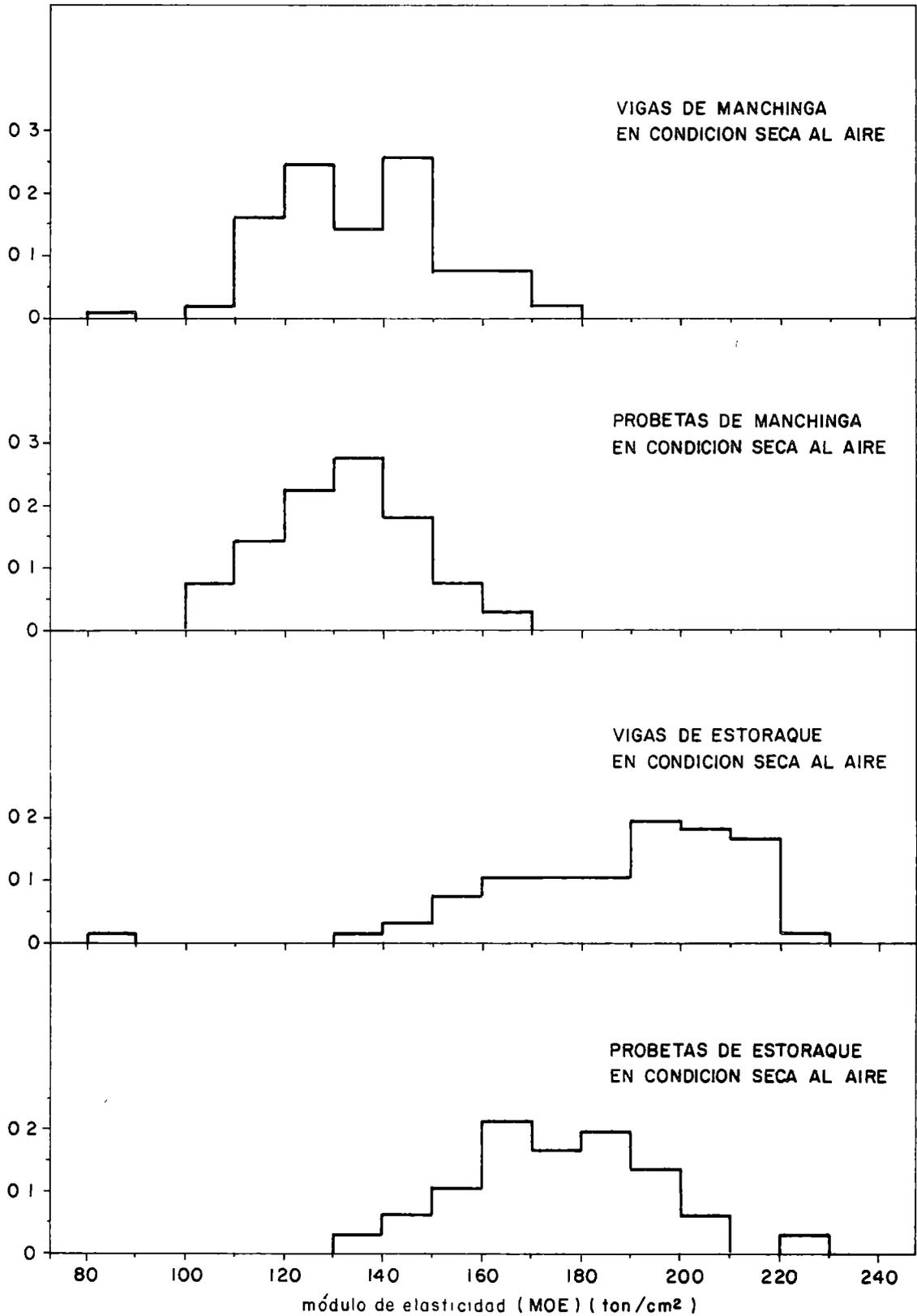


FIGURA 15 HISTOGRAMAS DEL MODULO DE ELASTICIDAD EN VIGAS Y PROBETAS DE MANCHINGA (BROSIMUM ULEANUM) Y ESTORAQUE (MYROXYLON PERUIFERUM)

En la tabla 3 1 se indican los valores medios de módulo de rotura (MOR), módulo de elasticidad (MOE), Factor de Calidad (MOR vigas/MOR probetas) y la razón MOE vigas/MOE probetas, obtenidos con las vigas de cada una de las 5 especies estudiadas, en condición verde o seca al aire. Se presentan separadamente los resultados correspondientes a vigas aceptadas por la Regla de Clasificación Visual y a aquellas rechazadas. El efecto de la Regla de Clasificación es más evidente en la tabla 3 2, en la que se comparan los valores mínimos de cada grupo.

Con pocas excepciones, el módulo de rotura en vigas fue menor que el de las correspondientes probetas. El "efecto de tamaño" puede en este caso explicar reducciones en el MOR del orden de 15% (14). Sin embargo, las diferencias observadas fueron por lo general mayores y demuestran la influencia de los defectos en la resistencia.

En promedio, el MOR obtenido para vigas y probetas ensayadas en condición seca al aire fue mayor que el MOR de vigas y probetas ensayadas en condición verde. Sin embargo, los resultados obtenidos para vigas secas muestran más dispersión, por lo que a nivel del 5° percentil la influencia del contenido de humedad en el MOR de vigas es menos notoria.

En términos relativos a lo observado para el MOR, en el MOE se tienen diferencias menos apreciables entre vigas y probetas, lo que indica que los defectos tienen en general mayor efecto en la resistencia que en la rigidez.

TABLA 3 1 VALORES MEDIOS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS PARA LAS VIGAS DE LAS DIVERSAS ESPECIES ENSAYADAS

Especie	Marupá		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	V	S	V	S	V	S	S	S
Condición (verde o seca al aire)								
Módulo de Rotura, MOR (kg/cm2)								
Aceptadas	402	469	445	492	436	573	775	1089
Rechazadas	244	277	317	381	413	495	613	863
Todas	289	340	381	410	426	528	653	944
Módulo de elasticidad, MOE (ton/cm2)								
Aceptadas	88	96	82	83	94	114	149	281
Rechazadas	69	83	68	79	92	108	133	179
Todas	74	87	75	80	93	110	135	187
Factor de Calidad (MOR vigas/MOR probetas)								
Aceptadas	93	74	85	70	68	74	74	66
Rechazadas	62	39	72	56	68	62	61	55
Todas	72	57	79	60	68	65	64	59
Relación MOE vigas/MOE probetas								
Aceptadas	1 00	1 00	1 06	94	91	1 00	1 06	1 12
Rechazadas	92	89	94	86	89	1 00	1 02	1 03
Todas	95	93	1 00	88	90	1 00	1 03	1 06
Número de vigas								
Aceptadas	10	24	31	19	32	16	26	24
Rechazadas	25	49	31	53	24	39	80	43
Todas	35	73	62	72	56	55	106	67

TABLA 3 2 VALORES MINIMOS DE LAS PROPIEDADES MECANICAS PARA LAS VIGAS DE LAS DIVERSAS ESPECIES ENSAYADAS

Especie	Marupá		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	V	S	V	S	V	S	S	S
Condición (verde o seca al aire)								
Módulo de Rotura, MOR (kg/cm ²)								
Aceptadas	349	385	331	367	325	430	584	1024
Rechazadas	76	115	78	60	126	178	259	150
Módulo de elasticidad, MOE (ton/cm ²)								
Aceptadas	69	81	60	59	65	84	118	158
Rechazadas	38	63	28	45	64	75	85	81
Factor de Calidad (MOR vigas/MOR probetas)								
Aceptadas	80	67	62	59	54	61	61	43
Rechazadas	20	19	18	06	23	21	27	09
Relación MOE vigas/MOE probetas								
Aceptadas	34	88	74	66	58	81	92	89
Rechazadas	56	71	38	42	58	73	73	49
Número de vigas								
Aceptadas	10	24	31	19	32	16	26	24
Rechazadas	25	49	31	53	24	39	80	43
Todas	35	73	62	72	56	55	106	67

4. RIGIDEZ Y RESISTENCIA DE VIGAS EN RELACION A LAS PROPIEDADES MECANICAS OBSERVADAS EN PROBETAS PEQUEÑAS

4.1 Módulo de Elasticidad en Probetas vs Módulo de Elasticidad en Vigas

Las figuras 16 a 18 presentan histogramas para la razón entre el MOE en vigas y el MOE en probetas pequeñas libres de defectos. Para aproximadamente 80% de las vigas ensayadas esta razón estuvo entre 0.7 y 1.1, aunque se observaron valores en el rango entre 0.38 y 1.45.

Aproximadamente 44% de las vigas tuvieron un MOE superior al promedio de las correspondientes probetas. Las deformaciones de corte, no consideradas en el cómputo de los módulos de elasticidad, pero que tienen mayor importancia relativa en las probetas, podrían explicar parte de los valores obtenidos en el rango de 1.0 a 1.1 (26% de las vigas ensayadas). Los valores mayores sólo pueden ser explicados por la no uniformidad del material en algunas de las vigas.

Comparando los histogramas de MOE vigas/MOE probetas obtenidos para las vigas rechazadas y las vigas aceptadas por la Regla de Clasificación Visual (Fig. 16), se observan distribuciones similares. Esto puede explicarse porque la mayor parte de los defectos tienen poca influencia en la rigidez. El valor medio para la razón MOE vigas/MOE probetas resultó 0.98 considerando toda la población estudiada, 1.01 para las vigas aceptadas y 0.96 para las vigas rechazadas. El valor mínimo fue 0.38 para las vigas rechazadas y 0.57 para las aceptadas. Para el 5° percentil la diferencia fue menos marcada, obteniéndose 0.73 y 0.78, respectivamente.

En algunas especies la Regla de Clasificación Visual resultó un poco más eficaz para seleccionar las vigas de mayor rigidez (Fig. 17). Esto podría deberse a las distintas características anatómicas y a la mayor o menor frecuencia de ciertos defectos que sí influyen en el MOE.

La figura 18 muestra distribuciones similares para la razón MOE vigas/ MOE probetas de los especímenes ensayados en condición verde y aquellos ensayados en condición seca. Esto indica que el efecto del contenido de humedad en el MOE de vigas es similar al que se observa en probetas.

En términos generales, hay una buena correlación entre el MOE en vigas y el MOE de las correspondientes probetas libres de defectos. La figura 19 muestra resultados para 511 vigas, de las que fue posible obtener probetas libres de defectos, incluyéndose tanto las vigas aceptadas como las rechazadas por la Regla de Clasificación. La recta de regresión resulta

$$\text{MOE vigas} = 1.075 \text{ MOE probetas} - 10.6 \text{ ton/cm}^2$$

con un coeficiente de correlación $r = 0.910$, lo que significa que aproximadamente 83% de la variabilidad observada en el MOE de vigas puede explicarse por la variabilidad del MOE en probetas, es decir por las propiedades mecánicas de la madera, independientemente de los defectos.

En la figura 20 se ha graficado MOE vigas vs MOE en probetas considerando solo las vigas aceptadas. En este caso se tiene:

$$\text{MOE vigas} = 1.115 \text{ MOE probetas} - 11.4 \text{ ton/cm}^2$$

con un coeficiente de correlación $r = 0.935$ ($r^2 = 0.87$)

Esta expresión es similar a la anterior, más aún si se considera la gran diferencia de calidad de las poblaciones comparadas.

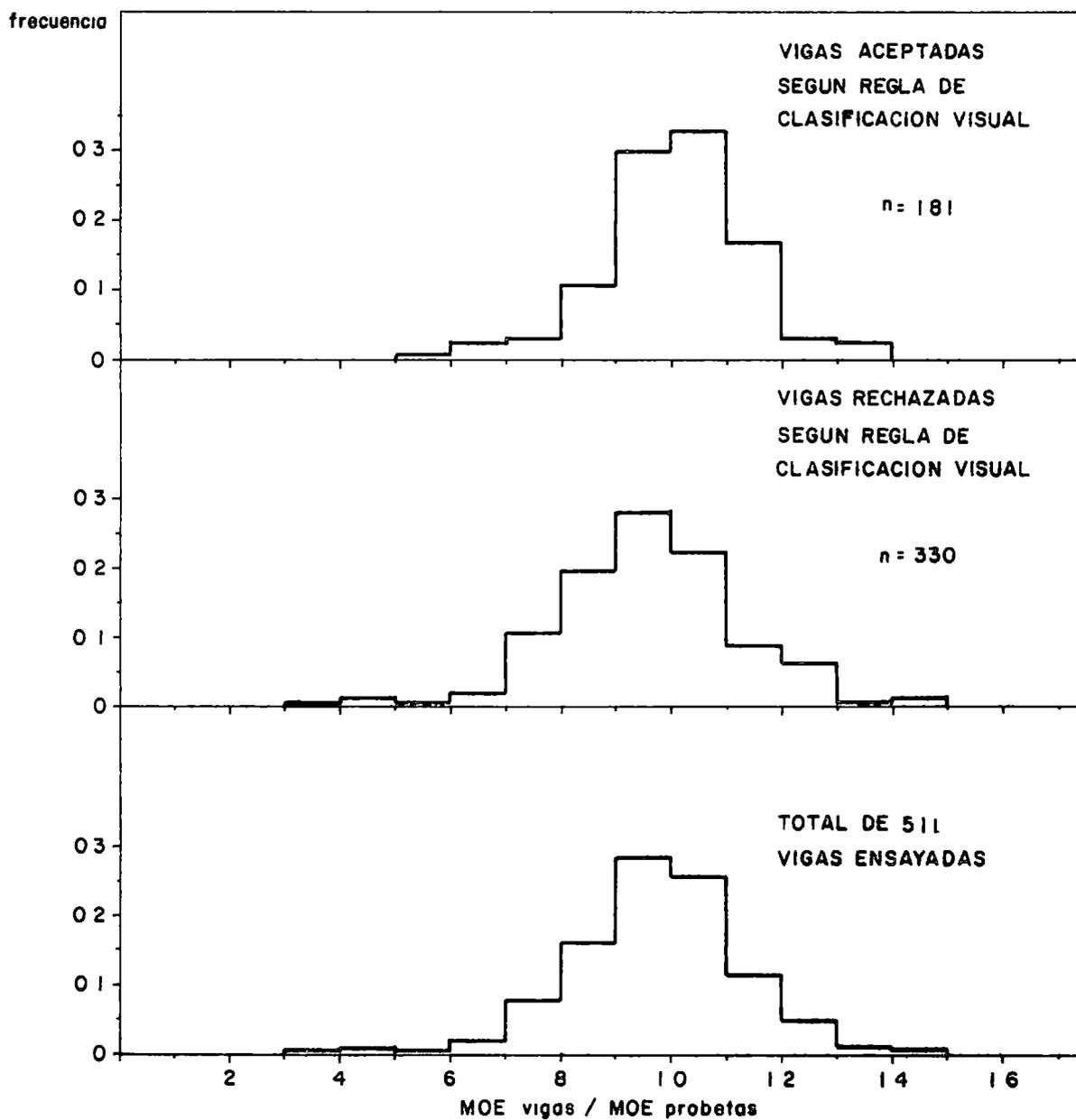


FIGURA 16 HISTOGRAMAS PARA LA RAZON ENTRE MODULO DE ELASTICIDAD EN VIGAS Y MODULO DE ELASTICIDAD EN PROBETAS
VIGAS ACEPTADAS POR LA REGLA DE CLASIFICACION VISUAL VS VIGAS RECHAZADAS

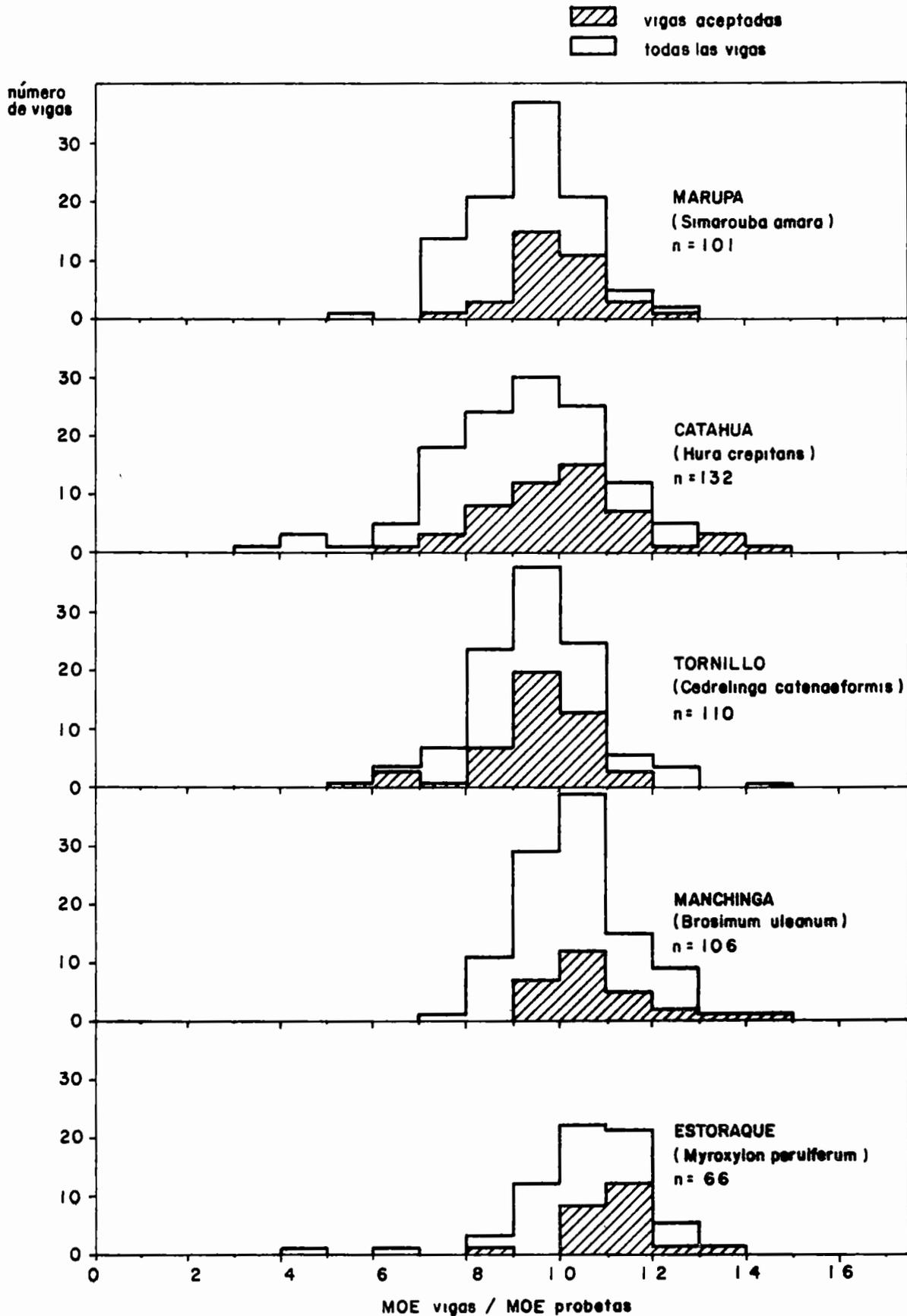


FIGURA 17 HISTOGRAMAS PARA LA RAZON ENTRE MODULO DE ELASTICIDAD EN VIGAS Y MODULO DE ELASTICIDAD EN PROBETAS PARA CADA UNA DE LAS ESPECIES ENSAYADAS

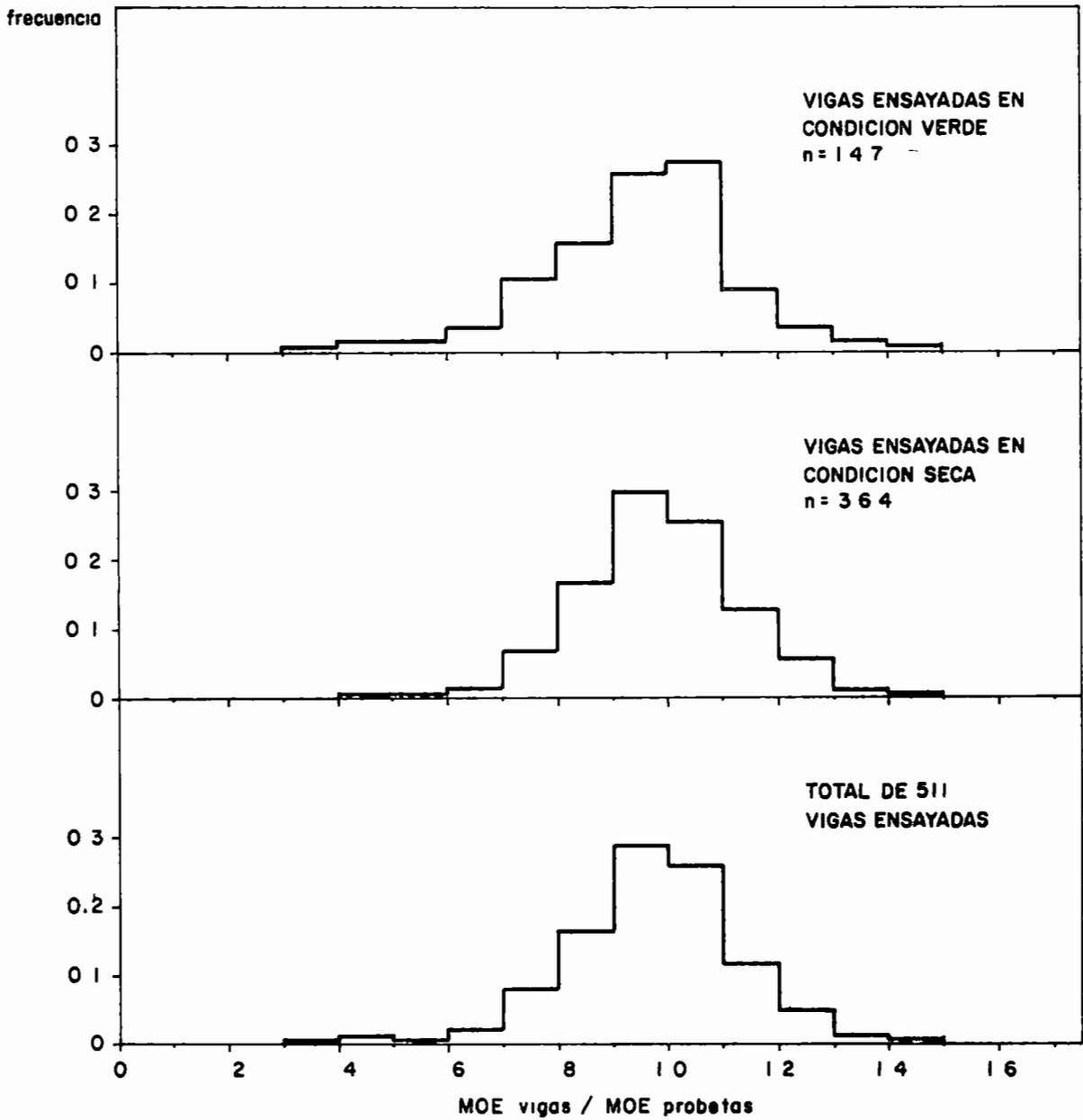


FIGURA 18 HISTOGRAMAS PARA LA RAZON ENTRE MODULO DE ELASTICIDAD EN VIGAS Y MODULO DE ELASTICIDAD EN PROBETAS VIGAS ENSAYADAS EN CONDICION VERDE VS VIGAS ENSAYADAS EN CONDICION SECA AL AIRE

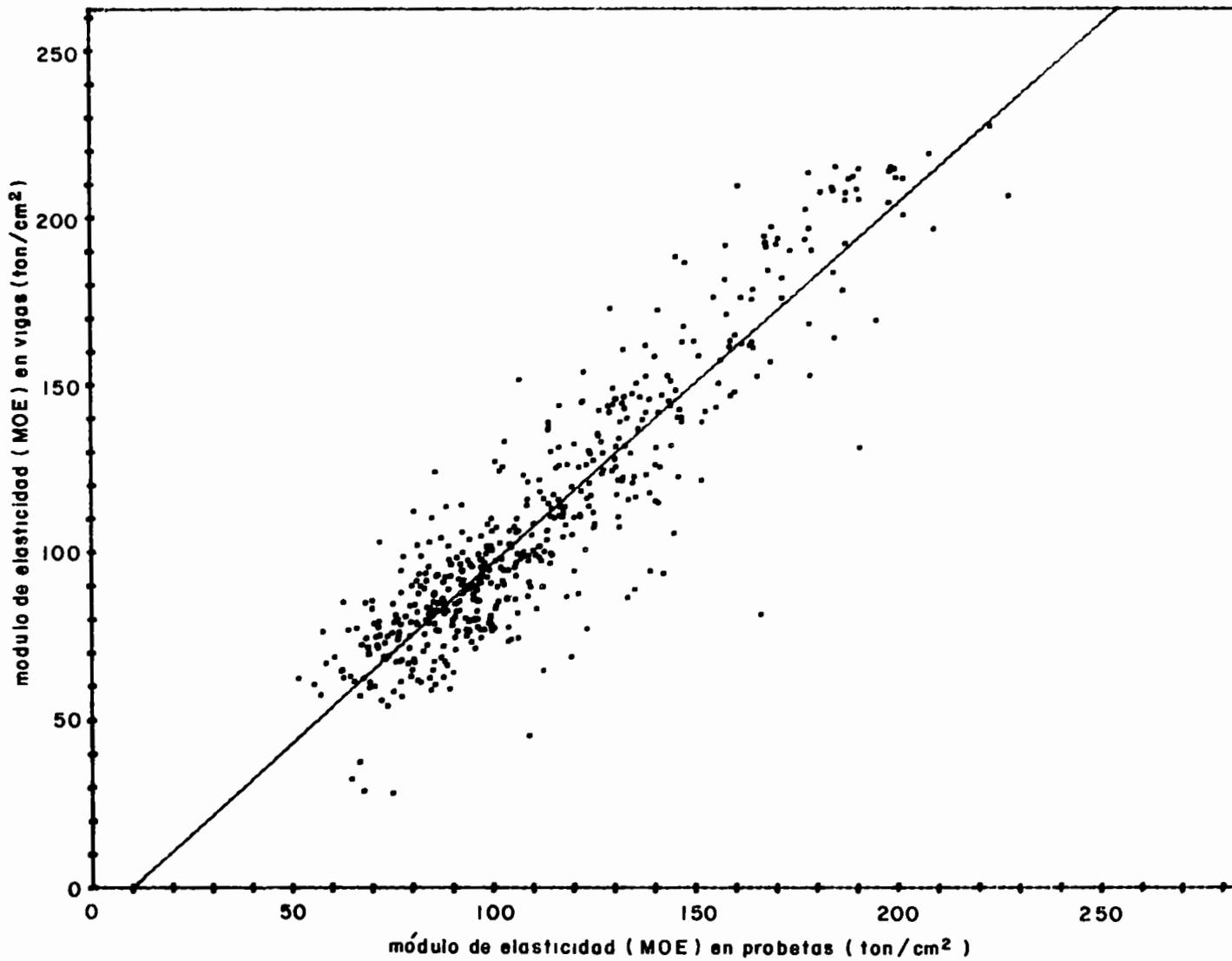


FIGURA 19 MOE VIGAS VS MOE PROBETAS PARA 511 VIGAS ENSAYADAS

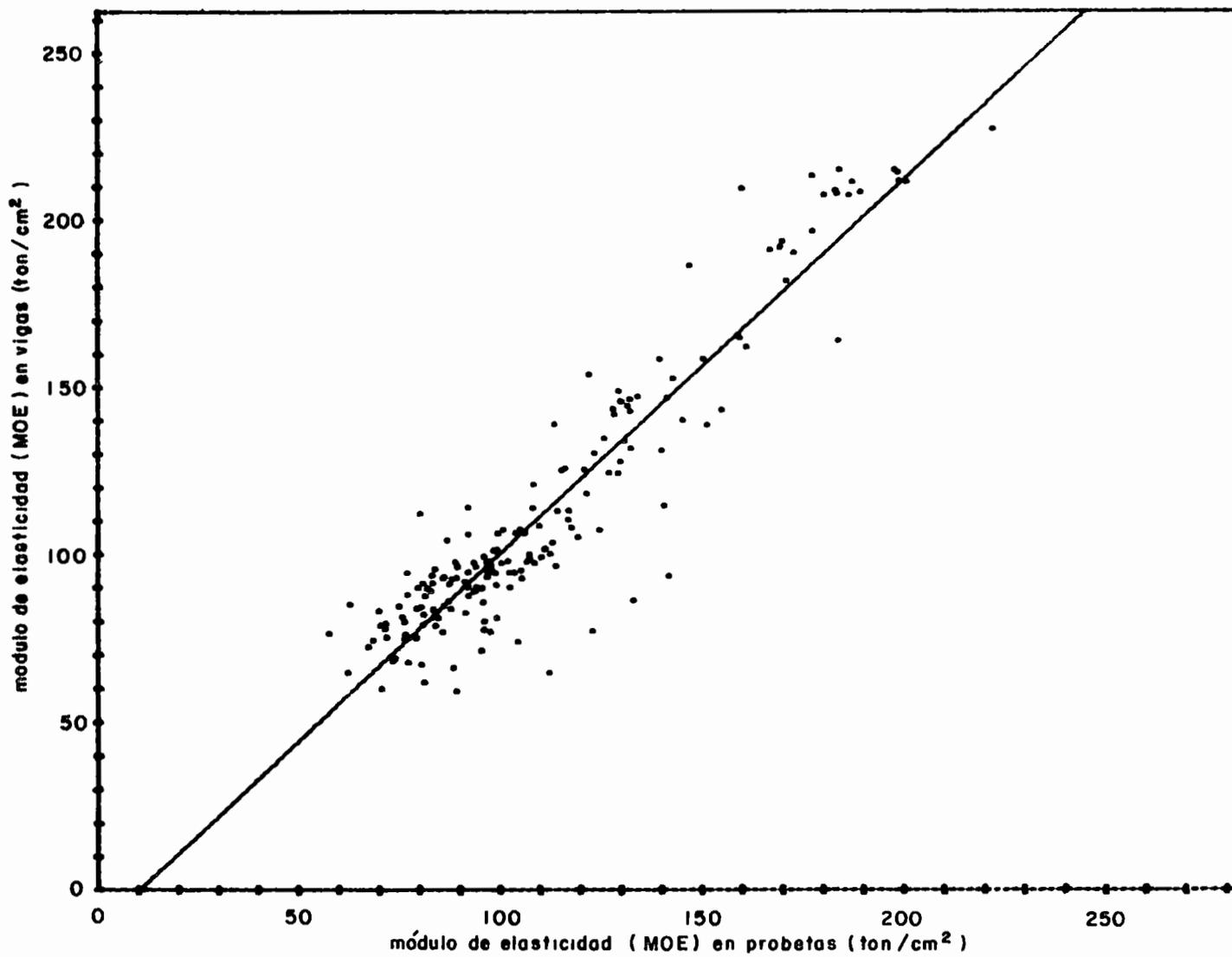


FIGURA 20 MOE VIGAS VS MOE PROBETAS PARA VIGAS ACEPTADAS SEGUN LA REGLA DE CLASIFICACION VISUAL

4.2 Módulo de Rotura en Probetas vs Módulo de Rotura en Vigas

Las figuras 21 a 23 muestran histogramas para el "Factor de Calidad", es decir la razón entre el MOR de vigas y el MOR promedio de las correspondientes probetas. En 98.4% de las vigas se tuvieron factores de calidad menores que 1.

Comparando los histogramas para el factor de calidad de las vigas aceptadas por la Regla de Clasificación Visual y de aquellas rechazadas, se concluye que los defectos tienen un efecto importante en el módulo de rotura. Más aún, la Regla de Clasificación es efectiva en eliminar una proporción apreciable de las vigas con factor de calidad más bajo.

El valor medio del factor de calidad para el conjunto de todas las vigas ensayadas fue 0.65. Para las vigas aceptadas el promedio fue 0.74, contra 0.60 para las vigas rechazadas. Las diferencias son más apreciables en los valores mínimos (0.43 para las vigas aceptadas, 0.06 para las rechazadas) o para el 5° percentil (0.59 y 0.24, respectivamente). Solo 2 vigas aceptadas (de Estoraque) tuvieron factor de calidad menor que 0.50.

Por otro lado, puede observarse que la Regla de Clasificación descarta algunas vigas con factor de calidad alto. Esto se debe a la presencia de defectos no aceptables en zonas poco esforzadas al someter al elemento a flexión, como en los ensayos aquí considerados. Sin embargo, para otros tipos de sollicitación -particularmente tracción pura y flexo-tracción- estos defectos podrían ser muy perjudiciales a la resistencia.

Los histogramas de la figura 22, que corresponden a factores de calidad para las vigas de cada especie consideradas por separado, muestran en cada caso un efecto de la Regla de Clasificación análogo al observado para todas las vigas como un conjunto.

El contenido de humedad tiene influencia notoria en los factores de calidad. En la figura 23 se muestran histogramas para las vigas ensayadas en condición verde y en condición seca al aire. Los valores medios y mínimos son menores para las vigas secas. Esto se explica porque, si bien la reducción del contenido de humedad tiene un efecto favorable tanto en el MOR de vigas como en el MOR de probetas, el incremento es mayor para estas últimas. Puede por lo tanto afirmarse que la influencia de los defectos en la resistencia es más importante en las vigas con menor contenido de humedad.

Al graficar el MOR de probetas libres de defectos contra el MOR en vigas (figura 24) se observa mucho mayor dispersión que en la gráfica análoga para el MOE. En este caso se tiene

$$\text{MOR vigas} = 0.552 \text{ MOR probetas} + 65.4 \text{ kg/cm}^2$$

con un coeficiente de correlación $r = 0.809$ ($r^2 = 0.65$). Si se considera toda la población estudiada, el MOR de probetas no es un buen predictor del MOR de vigas.

Por otro lado, si sólo se consideran las vigas aceptadas por la Regla de Clasificación Visual (figura 25) se obtiene,

$$\text{MOR vigas} = 0.598 \text{ MOR probetas} + 102 \text{ kg/cm}^2$$

con un coeficiente de correlación $r = 0.942$ ($r^2 = 0.89$).

Estos resultados confirman la influencia de los defectos en la resistencia.

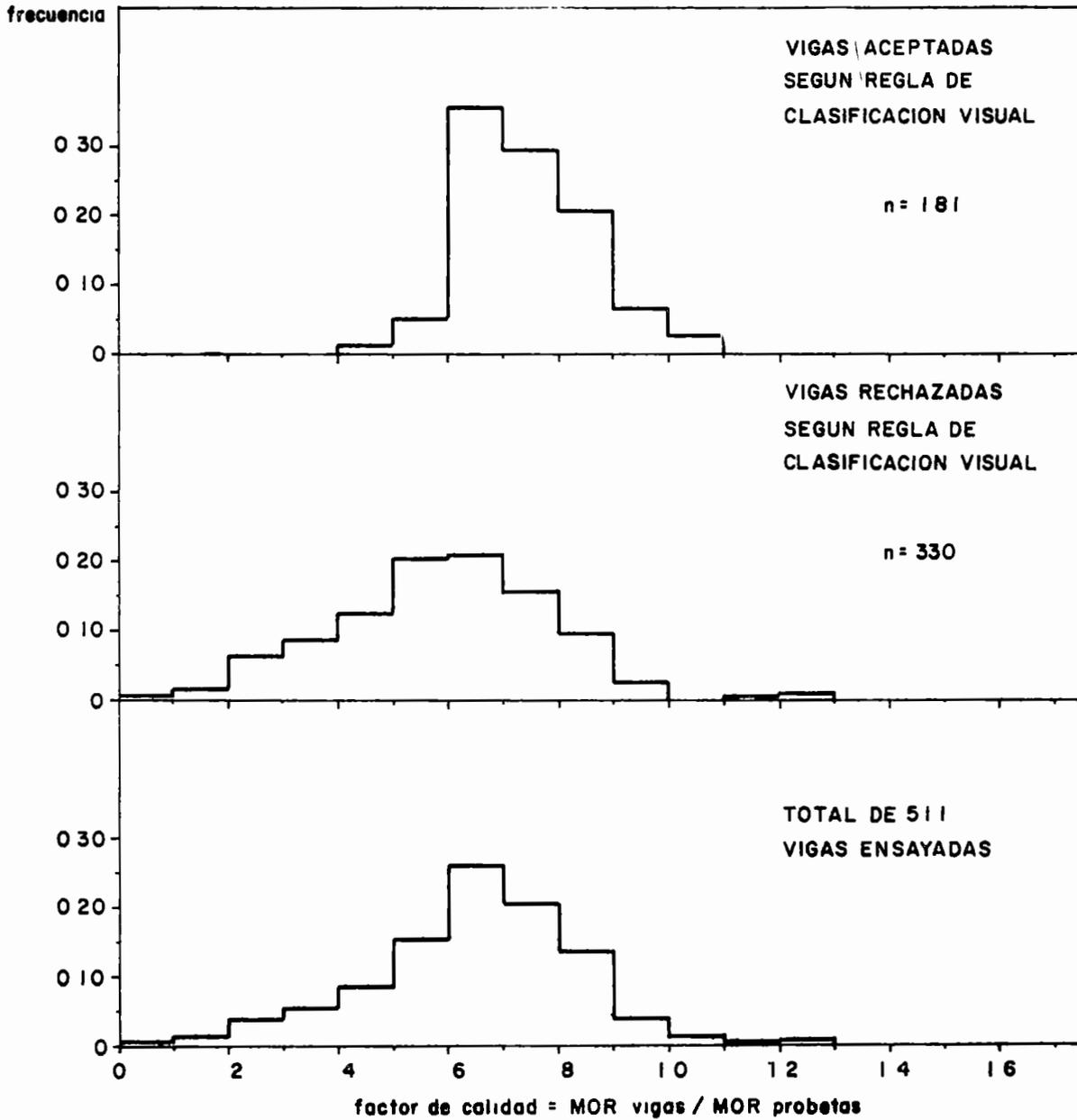


FIGURA 21 HISTOGRAMAS PARA LA RAZON ENTRE MODULO DE ROTURA EN VIGAS Y MODULO DE ROTURA EN PROBETAS VIGAS ACEPTADAS POR LA REGLA DE CLASIFICACION VISUAL VS VIGAS RECHAZADAS

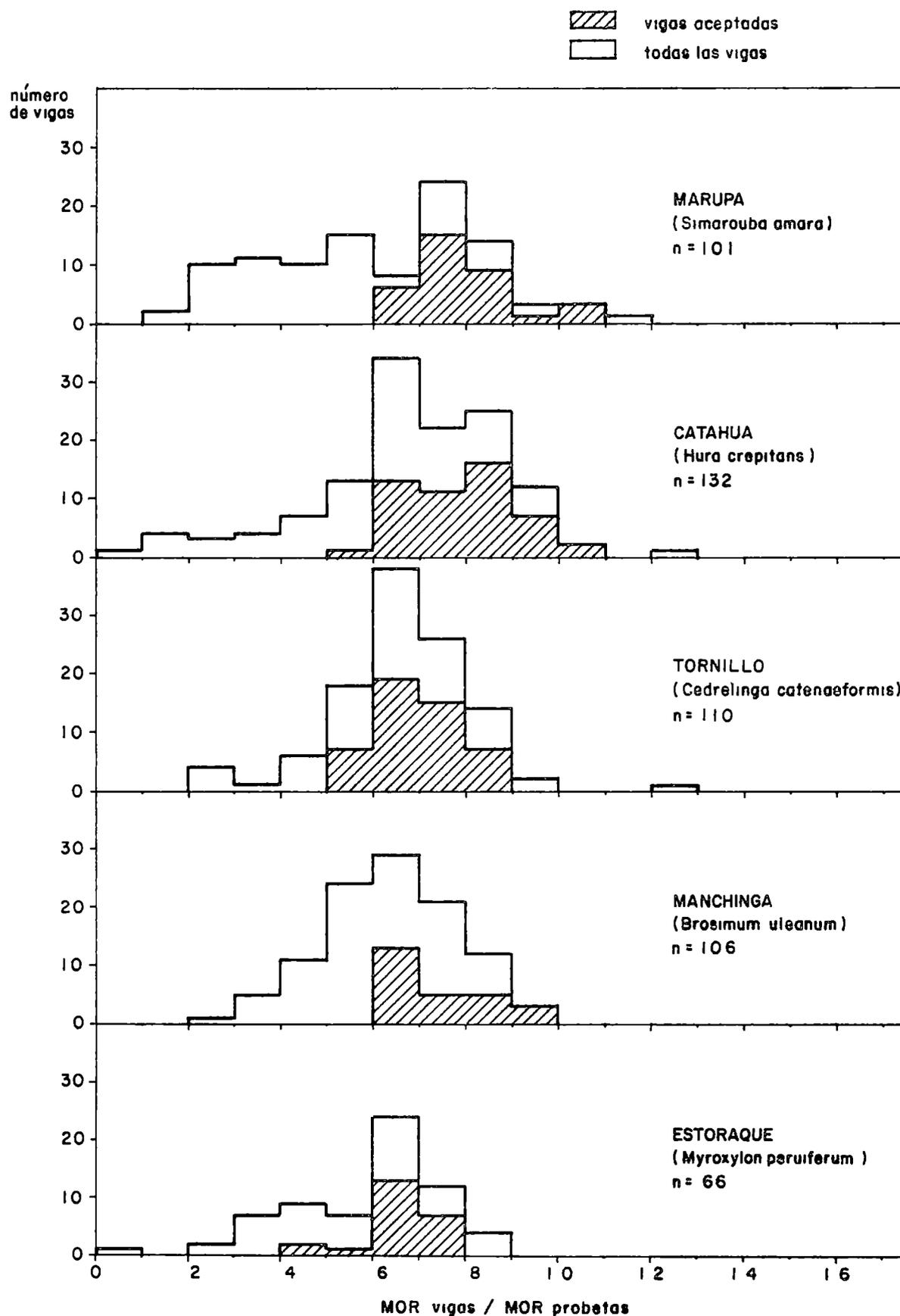


FIGURA 22 HISTOGRAMAS PARA LA RAZON ENTRE MODULO DE ROTURA E I VIGAS Y MODULO DE ROTURA EN PROBETAS PARA CADA UNA DE LAS ESPECIES ENSAYADAS

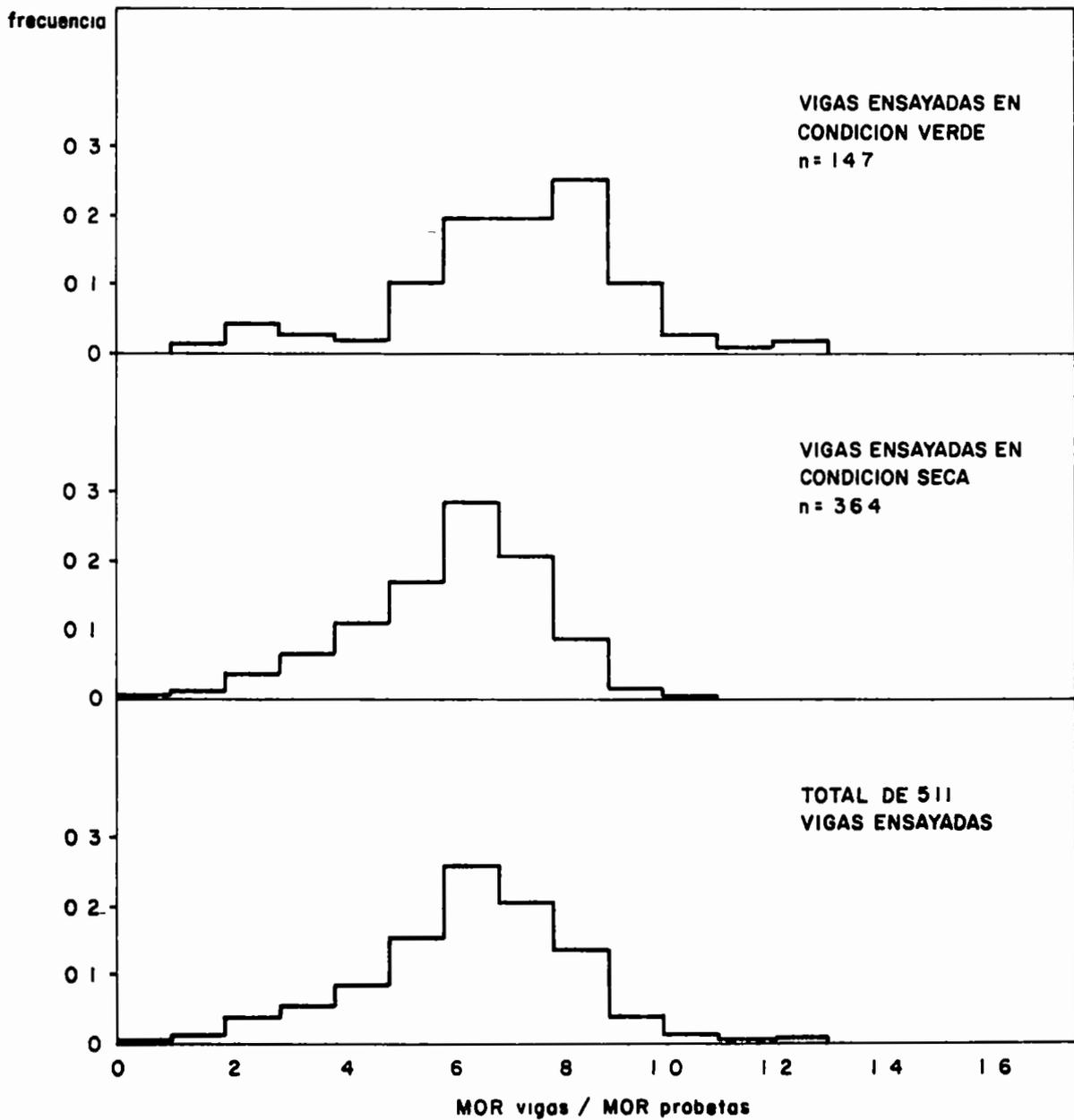


FIGURA 23 HISTOGRAMAS PARA LA RAZON ENTRE MODULO DE ROTURA EN VIGAS Y MODULO DE ROTURA EN PROBETAS
VIGAS ENSAYADAS EN CONDICION VERDE VS VIGAS ENSAYADAS EN CONDICION SECA AL AIRE

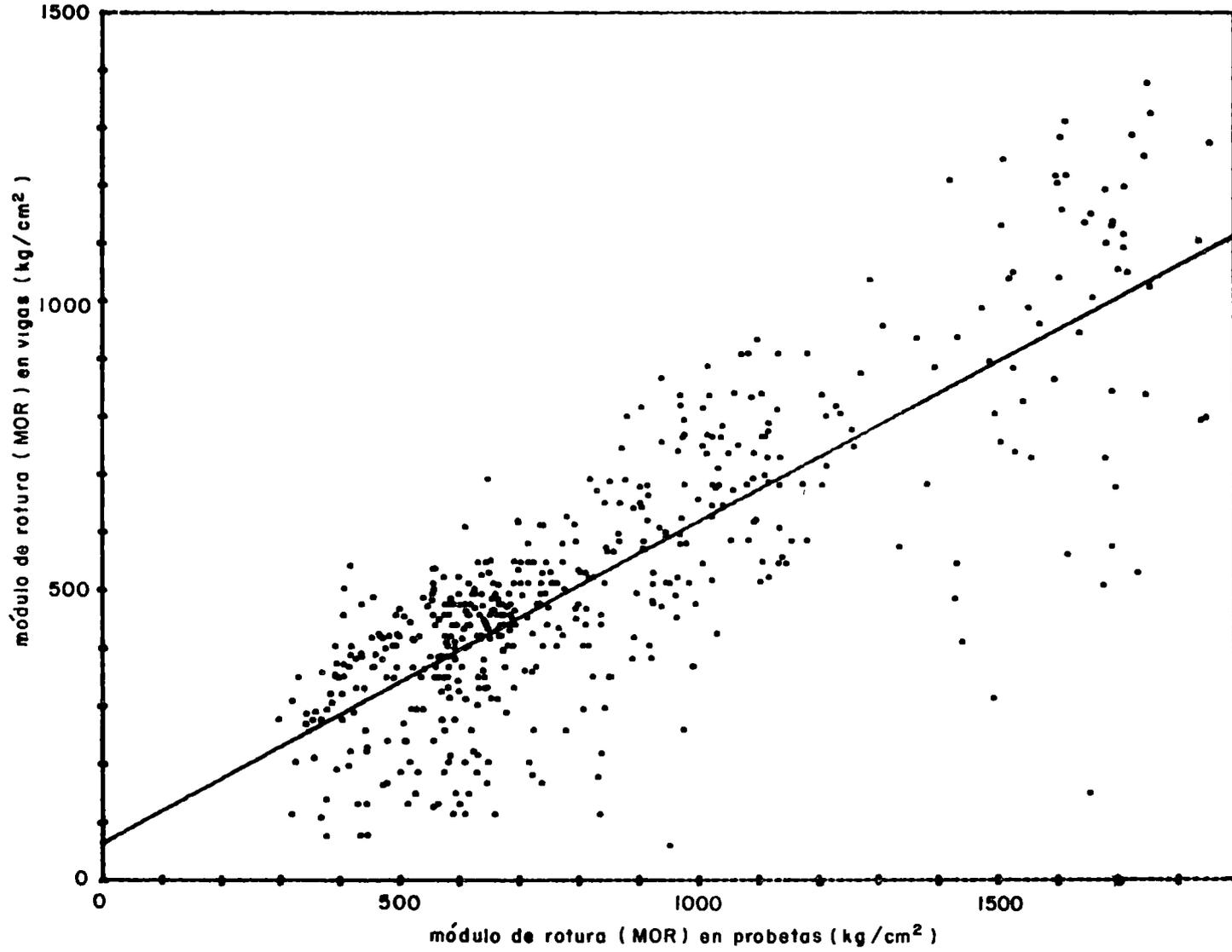


FIGURA 24 MOR VIGAS VS MOR PROBETAS PARA 511 VIGAS ENSAYADAS

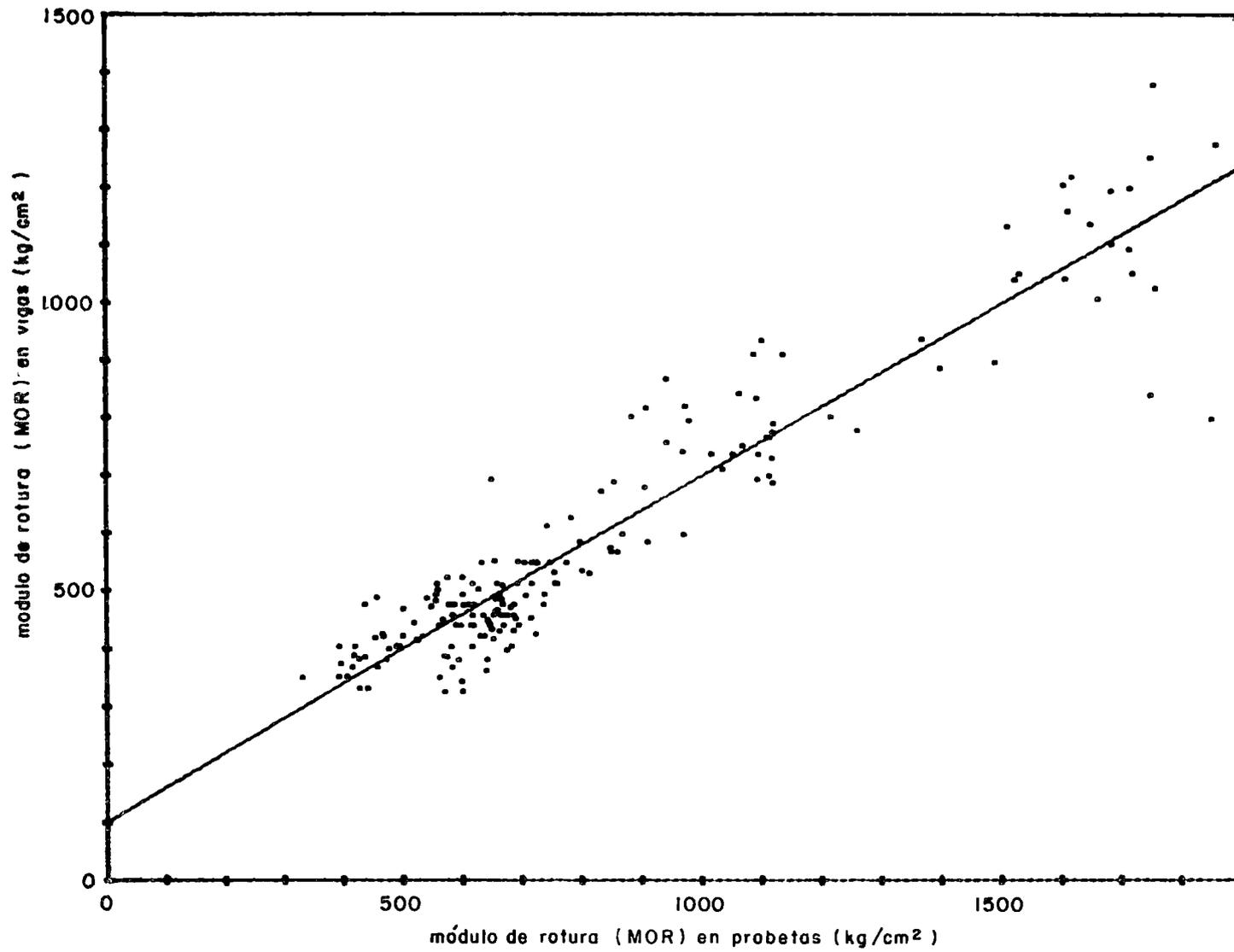


FIGURA 25 MOR VIGAS VS MOR PROBETAS PARA VIGAS ACEPTADAS SEGUN LA REGLA DE CLASIFICACION VISUAL

4.3 Módulo de Elasticidad como Predictor del Módulo de Rotura,

En la figura 26 se muestran resultados para módulo de elasticidad en probetas pequeñas libres de defectos contra los respectivos módulos de rotura. Los puntos corresponden a promedios para las probetas de cada una de las vigas. Se observa una buena correlación entre ambas variables, obteniéndose:

$$\text{MOR probetas} = 1.011 \times 10^{-2} \quad \text{MOE probetas} = 302 \text{ kg/cm}^2$$

con un coeficiente de correlación $r = 0.934$ ($r^2 = 0.87$, $n = 511$)

Dado que los defectos influyen mucho más en la resistencia que en la rigidez, la correlación entre MOR y MOE de vigas a escala natural no es tan buena como para probetas libres de defectos. La figura 27 muestra resultados para 526 vigas ensayadas, para las que se tiene

$$\text{MOR vigas} = 5.42 \times 10^{-3} \quad \text{MOE vigas} = 71.7 \text{ kg/cm}^2$$

El coeficiente de correlación en este caso resulta $r = 0.863$ ($r^2 = 0.74$). Estos resultados indican que el módulo de elasticidad en vigas no es buen predictor del correspondiente módulo de rotura, lo que tiene implicancias para la clasificación mecánica,

Por otro lado, si sólo se consideran las vigas aceptadas por la Regla de Clasificación Visual (figura 28) se obtiene:

$$\text{MOR vigas} = 5.40 \times 10^{-3} \quad \text{MOE vigas} = 15.9 \text{ kg/cm}^2$$

con un coeficiente de correlación $r = 0.926$ ($r^2 = 0.86$, $n = 181$).

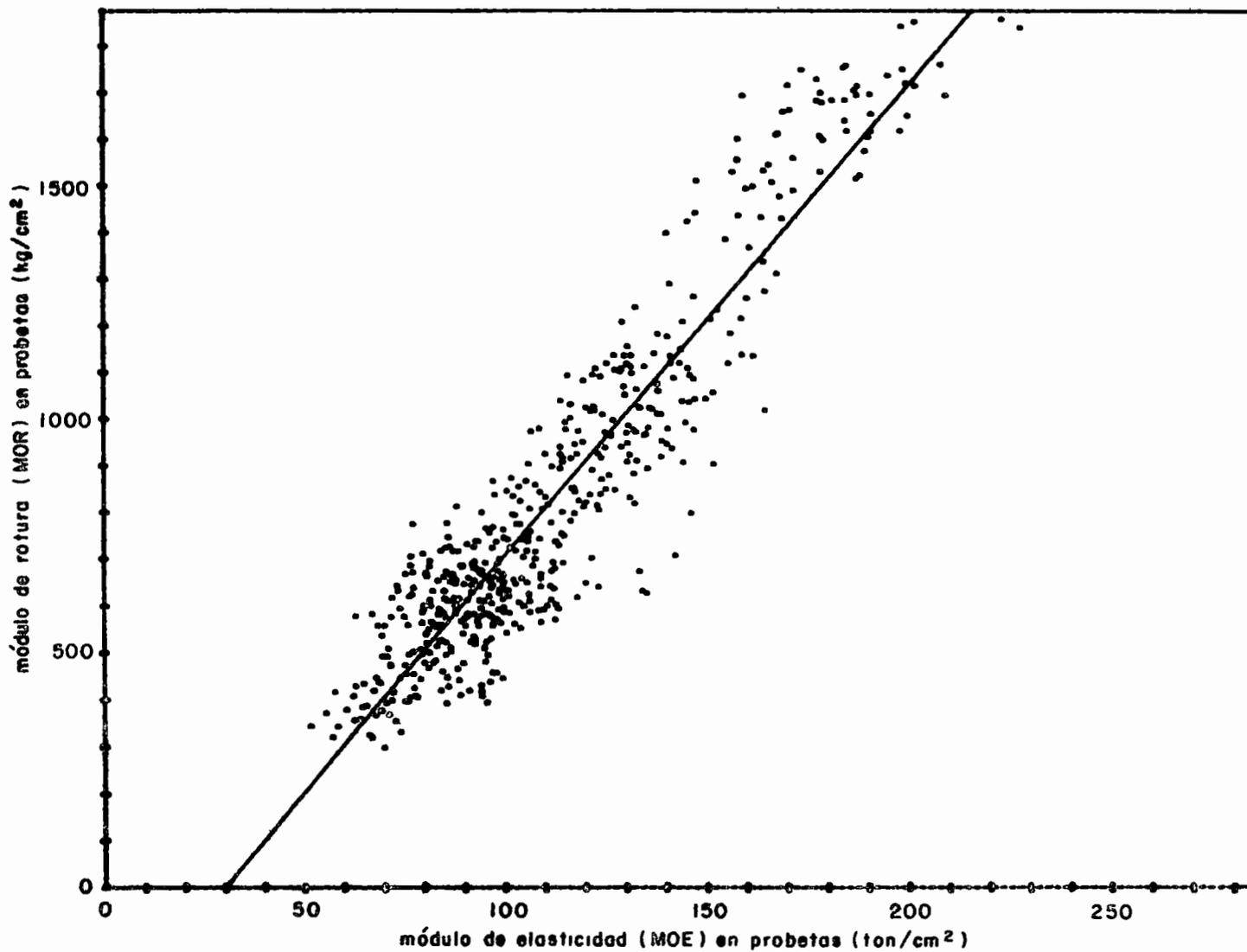


FIGURA 26 MOR VS MOE EN PROBETAS PEQUEÑAS LIBRES DE DEFECTOS

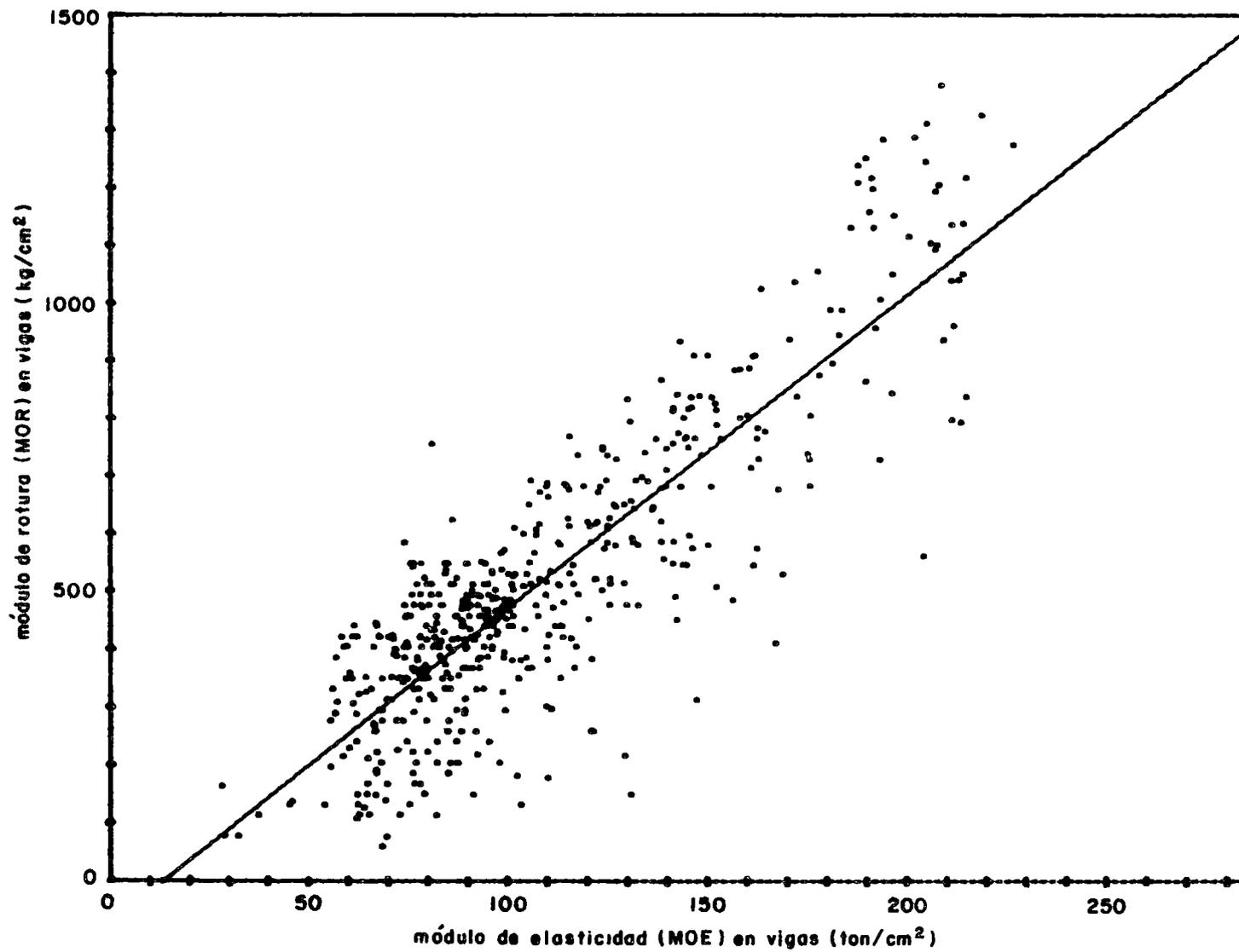


FIGURA 27 MOR VS MOE PARA EL CONJUNTO DE 526 VIGAS

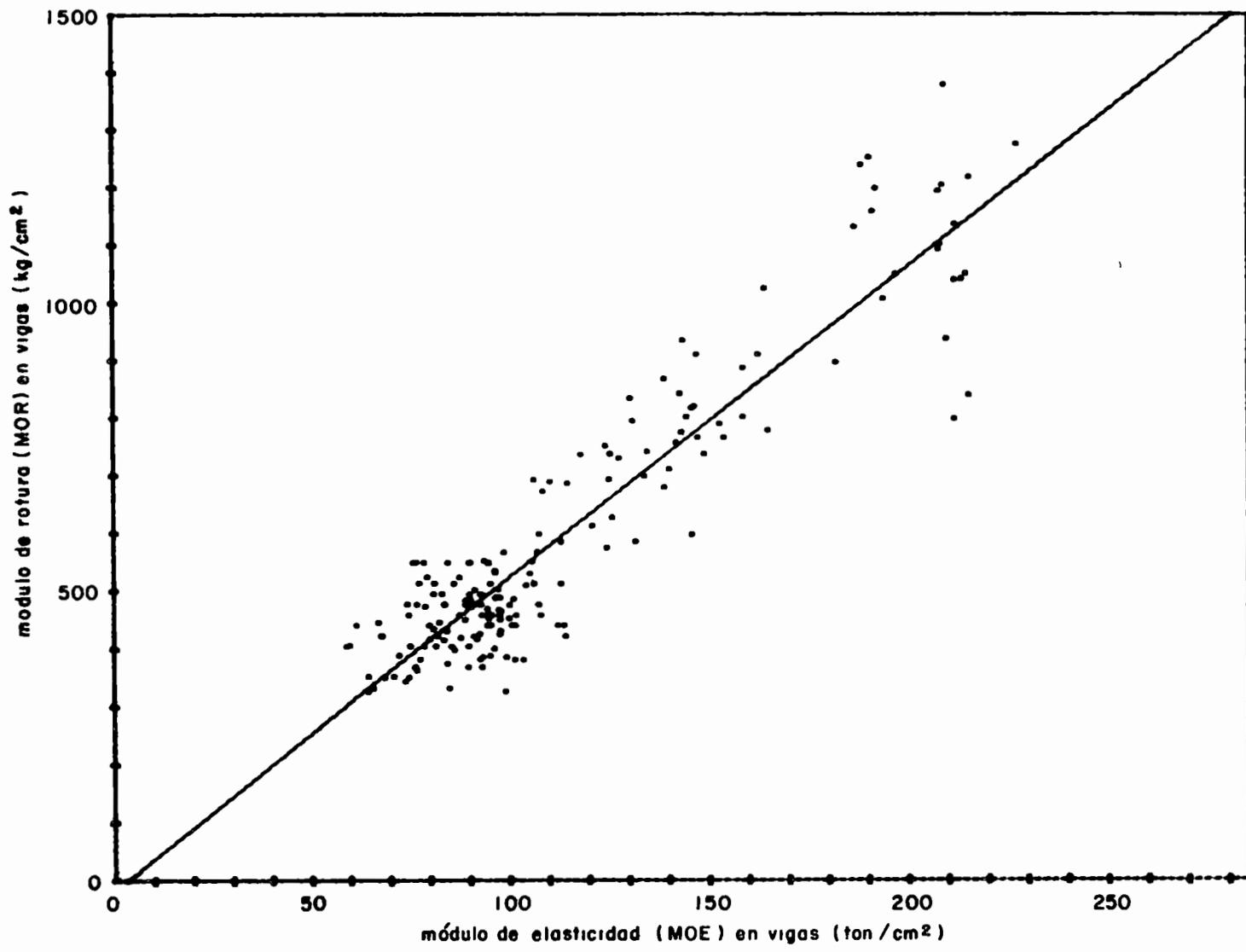


FIGURA 28 MOR VS MOE PARA VIGAS ACEPTADAS SEGUN LA REGLA DE CLASIFICACION VISUAL

5 INFLUENCIA DE DEFECTOS EN LA RIGIDEZ Y RESISTENCIA DE VIGAS

5.1 Defectos más Significativos

Por su frecuencia e influencia en la resistencia y la rigidez, el defecto más importante en las vigas de las especies estudiadas es la inclinación del grano. Aproximadamente 70% de las vigas ensayadas presentaron inclinaciones del grano, en diversos grados de magnitud o extensión. Se incluyen en éstas las vigas en las que la inclinación del grano observado en la superficie fue una manifestación del grano entrecruzado. En 190 vigas (36% del total) se presentaron inclinaciones mayores que $1/8$, el máximo permitido por la Regla de Clasificación Visual. Sólo en 90 de éstas (17% del total) se presentaron inclinaciones mayores que $1/8$ en la zona central, más esforzada.

Las distorsiones locales en la orientación del grano debidas a la presencia de nudos se consideran en la Regla de Clasificación como un defecto diferente. La tolerancia en este caso se refiere al diámetro (medio) del nudo, especificándose distintos límites para nudos sanos y para nudos huecos y/o atacados. Se observaron nudos sanos en 120 vigas (23%), en 40 de éstas los nudos fueron calificados como no aceptables. Los nudos huecos y/o atacados fueron menos frecuentes (13.5% de las vigas), con mayor incidencia en las vigas secas.

Después del grano inclinado, las perforaciones pequeñas son el defecto más frecuente, particularmente en algunas especies, como la Manchinga. En 96% de las vigas de esta especie se observaron perforaciones pequeñas. En el conjunto de vigas de las 5 especies estudiadas 53% tuvieron perforaciones pequeñas, frecuentemente con ataque de hongos. En 103 casos (20% del total de vigas ensayadas), las perforaciones fueron abundantes y/o alineadas como para considerarse no aceptables según la Regla de Clasificación Visual.

Se observaron perforaciones grandes en 45% de las vigas de Estoraque y en 40% de las vigas de Tornillo. Para otras especies este defecto

fue menos frecuente. De las 526 vigas ensayadas, 15% tuvieron perforaciones grandes aceptables y aproximadamente 6% el mismo defecto en grado no aceptable.

Con pocas excepciones, las fallas de compresión observadas antes de ensayar fueron muy perjudiciales a la resistencia. El efecto en la rigidez fue menos marcado. De las 526 vigas aquí estudiadas 30 tuvieron fallas de compresión antes de ensayarse (4 de Marupá, 18 de Catahua amarilla, 4 de Tornillo, 1 de Manchinga y 4 de Estoraque). La mayor o menor frecuencia de este defecto depende no sólo de la especie, sino también de la procedencia de la madera y de las técnicas de extracción y transporte.

Aproximadamente 8% de las vigas incluyeron médula, frecuentemente atacada por hongos xilófagos (60% de los casos). En 88% de las vigas con médula también se observaron nudos. La inclusión de médula fue más frecuente en las vigas de Marupá (23% de los ensayos) y Estoraque (11%). Este defecto puede afectar grandemente la resistencia por su asociación con ataques de hongos.

En 17 vigas (3% del total) se observó duramen quebradizo. En 71% de estas vigas se incluyó médula. Con pocas excepciones, el duramen quebradizo tuvo efecto notorio en la resistencia. Por otro lado, la presencia de albura incidió en una mayor frecuencia de ataques biológicos, no teniéndose evidencia de menor rigidez o resistencia por las propiedades mecánicas de la madera propiamente dicha.

Se tuvieron escamaduras en 4% de las vigas ensayadas en condición verde y 13% de aquellas ensayadas en condición seca. Este defecto fue particularmente desfavorable cuando se presentó simultáneamente en cara y canto (28% de los casos) o cuando se combinó con ataques de hongos (26%).

Se presentaron rajaduras en 10% de las vigas ensayadas en condición

verde y en 15% de las vigas secas. En total, 30 vigas tuvieron rajaduras inaceptables según la Regla de Clasificación Visual, sin embargo, sólo en 3 casos las rajaduras fueron el defecto causante de la falla. Aproximadamente 10% de las vigas tuvieron grietas de secado. En 10 vigas las grietas fueron calificadas como no aceptables, pero en ningún caso causaron reducciones apreciables en la resistencia o la rigidez.

Diversos defectos de alabeo fueron corregidos con garlopa al habilitarse las vigas. No obstante esto, antes de los ensayos se observaron arqueaduras en 27% de las vigas y encorvaduras con una frecuencia de 12%. No se observaron torceduras o abarquillado. Como podía preverse, la encorvadura no tuvo efecto en las propiedades mecánicas de las vigas. La arqueadura tuvo posiblemente influencia en el pandeo lateral-torsional, aunque sólo 18% de las vigas con este defecto fallaron por pandeo.

En las secciones siguientes se analiza en mayor detalle la influencia de los defectos de cada tipo. Diversas tablas que comparan las propiedades mecánicas de vigas con y sin estos defectos se presentan en el apéndice E.

5.2 Médula

Este defecto se considera aceptable cuando la médula incluida es pequeña y no presenta deterioro, pudriciones, perforaciones o rajaduras. La Regla de Clasificación Visual no especifica dimensiones máximas para lo que puede considerarse médula pequeña. Sin embargo, el criterio utilizado para los ensayos que aquí se presentan (diámetro máximo 1 cm, longitud máxima 50 cm) parece ser adecuado (ver tablas E 1 y E 25).

Con excepción de una viga de Tornillo, cuya forma de falla no tuvo relación con este defecto, las vigas con médula aceptable tuvieron

MOR similar al MOR de vigas sin médula. Por otro lado, las vigas con médula no aceptable tuvieron MOR significativamente menor, con reducciones del orden de 50% en el promedio para algunas especies. Para el Factor de Calidad (razón MOR vigas/MOR probetas) los resultados fueron análogos. Comparando los resultados obtenidos para las vigas rechazadas pero sin médula, con los correspondientes a vigas con médula no aceptable, puede concluirse que este defecto debe ser catalogado entre los más perjudiciales a la resistencia. Es interesante anotar que la viga con Factor de Calidad más bajo, entre las 526 ensayadas, tuvo una falla directamente relacionada con la presencia de médula (y la inclinación del grano).

La influencia de la médula en el MOE y en la razón MOE vigas/MOE probetas es menos importante, aunque se aprecia también en vigas con médula aceptable.

Si se modificara la Regla de Clasificación para no permitir este defecto, la proporción de vigas rechazadas se incrementaría muy poco (0.4% para la población estudiada). Esto se debe a que las vigas con médula presentan por lo general otros defectos, frecuentemente no aceptables. Tal modificación parece conveniente, ya que evitaría la inclusión de una parte del árbol muy susceptible de ataques biológicos.

5.3 Duramen Quebradizo

Este defecto no se considera aceptable. Las tablas E 2 y E 26 comparan propiedades mecánicas de vigas con y sin duramen quebradizo.

Los resultados obtenidos para el MOR no son consistentes, observándose reducciones en el MOR promedio de las vigas de Marupá y Estoraque, no así en las de Tornillo y Manchinga (en las vigas de Catahua amarilla no se presentó este defecto). Esta inconsistencia puede deberse

a la no calificación del defecto, ni por su gravedad ni por su ubicación. En promedio, las vigas con duramen quebradizo tuvieron un Factor de Calidad menor en 20% al del resto de la población estudiada, lo que indica la influencia de este defecto en la resistencia

La influencia en la rigidez, caracterizada por el MOE, es menor. No se observaron diferencias significativas entre la razón MOE vigas/MOE probetas de las vigas con duramen quebradizo y los correspondientes resultados para vigas sin este defecto

5.4 Grano Inclinado

Este defecto se considera aceptable si la inclinación no excede $1/8$. Sin embargo, para la situación particular de un elemento sometido a flexión la influencia del grano inclinado depende también, en gran medida, de su ubicación, siendo más desfavorable cuando se presenta en la zona de máximo momento

La tabla E 3 compara módulos de rotura y módulos de elasticidad para vigas con grano recto, con inclinación de grano aceptable y con inclinación de grano no aceptable en la zona central. En los tres casos, la referencia es el mayor defecto presente en esa zona. La tabla E 4 es similar, excepto que se refiere a la inclinación del grano en cualquier parte de la viga. Las tablas E 27 y E 28 contienen información análoga para el Factor de Calidad y la razón MOE vigas/MOE probetas

Las vigas con inclinación de grano mayor que $1/8$ en la zona central tuvieron MOR promedio entre 10% y 44% menor que el correspondiente promedio para vigas con grano recto. Defectos similares en las zonas laterales influyeron mucho menos en el MOR. Las inclinaciones de grano moderadas, independientemente de su ubicación, tuvieron poco efecto en el MOR.

El efecto de la inclinación del grano en el MOE fue menor que el ob-

servado para el MOR, sin embargo, éste es uno de los defectos con mayor influencia en la rigidez. Los promedios de MOE para las vigas con inclinación de grano mayor que $1/8$ en la zona central fueron entre 9% y 28% menores que los correspondientes promedios para vigas con grano recto. También se observa menor influencia de la inclinación del grano en las zonas laterales.

Las vigas con grano inclinado moderado tuvieron Factores de Calidad muy similares a los de las vigas con grano recto. Para las vigas con inclinación de grano severa se observó una reducción de 9% en el promedio. Sin embargo, para 90 vigas en las que se tuvo una inclinación de grano no aceptable en la zona central, más esforzada, el Factor de Calidad promedio se redujo en 18% (14% para las vigas ensayadas en condición verde, 19% para aquellas ensayadas en condición seca al aire).

El efecto del grano inclinado en la razón MOE vigas/MOE probetas fue menor. Para vigas con grano inclinado no aceptable en la zona central, se tuvo un promedio 6% menor que para aquellas con grano recto. Esta reducción fue algo más pronunciada en las vigas ensayadas en condición verde (9%).

La orientación de corte de las vigas tuvo cierta influencia en el mayor o menor efecto de la inclinación del grano observado en las caras o en el canto. La tabla 5.1 presenta algunos resultados para vigas con grano inclinado no aceptable en la zona central. En las vigas con corte radial este defecto fue más crítico cuando se observó en las caras o simultáneamente en caras y canto en tracción. Las inclinaciones en los cantos fueron más desfavorables en las vigas con corte oblicuo (incluyéndose en este grupo cortes variables entre radial y oblicuo y entre tangencial y oblicuo). Sin embargo, las diferencias observadas son pequeñas y no justifican la adopción de reglas distintas para la inclinación del grano en cara o canto, o para las diversas orientaciones de corte de las vigas.

TABLA 5 1 VALORES MEDIOS DEL FACTOR DE CALIDAD Y LA RAZON MOE VIGAS/MOE PROBETAS PARA VIGAS CON DIVERSAS ORIENTACIONES DE CORTE Y CON GRANO INCLINADO EN LA ZONA CENTRAL

A FACTOR DE CALIDAD (MOR vigas/MOR probetas)

Orientación de Corte	Radial		Tangencial		Oblicua *	
	n	Fc	n	Fc	n	Fc
Vigas con grano recto en la zona central	59	66	118	64	76	65
Vigas con inclinación de grano aceptable en caras	39	72	61	69	45	71
Vigas con inclinación de grano aceptable en canto en compresión	27	68	30	65	28	63
Vigas con inclinación de grano aceptable en canto en tracción	19	65	24	71	22	67
Vigas con inclinación de grano no aceptable en caras	11	45	30	51	24	55
Vigas con inclinación de grano no aceptable en canto en compresión	7	55	9	57	10	50
Vigas con inclinación de grano no aceptable en canto en tracción	7	51	5	67	10	48
Vigas con inclinación de grano no aceptable simultáneamente en cara y canto en compresión	2	51	2	46	7	52
Vigas con inclinación de grano no aceptable simultáneamente en cara y canto en tracción	4	43	3	62	3	53

TABLA 5 1 (Continuación)

B RAZON MOE VIGAS/MOE PROBETAS

Orientación de Corte	Radial		Tangencial		Oblicua *	
	n	R	n	R	n	R
Vigas con grano recto en la zona central	59	99	118	99	76	98
Vigas con inclinación de grano aceptable en caras	39	98	61	99	45	97
Vigas con inclinación de grano aceptable en canto en compresión	27	99	30	99	28	96
Vigas con inclinación de grano aceptable en canto en tracción	19	99	24	99	22	95
Vigas con inclinación de grano no aceptable en caras	11	94	30	93	24	89
Vigas con inclinación de grano no aceptable en canto en compresión	7	95	9	1 02	10	82
Vigas con inclinación de grano no aceptable en canto en tracción	7	1 01	5	99	10	93
Vigas con inclinación de grano no aceptable simultáneamente en cara y canto en compresión	2	97	2	1 15	7	82
Vigas con inclinación de grano no aceptable simultáneamente en cara y canto en tracción	4	99	3	93	3	84

* Se incluyen en este grupo las vigas con orientación de corte entre radial y oblicua y entre tangencial y oblicua

5.5 Nudos Sanos

La Regla de Clasificación permite nudos sanos con diámetro no mayor que $1/4$ del ancho de la cara o 4 cm. No se permiten nudos arracimados.

Para elementos sometidos a esfuerzos no uniformes, como es el caso para los ensayos aquí considerados, la influencia de los nudos en la rigidez y resistencia depende no sólo de su magnitud, sino también de su ubicación. En esta sección se hace referencia a la zona de máximos esfuerzos de compresión (zona 2), a la de máximos esfuerzos de compresión (zona 8) y a las de máximos esfuerzos cortantes (zonas 4 y 6). Las tablas E 5 a E 7 y E 29 a E 31 comparan algunos resultados.

Para las vigas ensayadas en condición verde los nudos sanos ubicados en la zona 2 tuvieron mayor efecto que nudos sanos de dimensiones similares en la zona 8, lo contrario ocurrió para las vigas en condición seca. Esto es consistente con la tendencia general observada en la forma de falla: las vigas verdes fallaron más frecuentemente en compresión que las vigas secas. El efecto de los nudos sanos ubicados en las zonas de máximos esfuerzos cortantes fue mayor en las vigas secas.

La información disponible es limitada y no permite cuantificar el efecto de los nudos en el MOR y el MOE.

El Factor de Calidad promedio de las vigas con nudos no aceptables en la zona 2 fue 37% menor que el de las vigas sin este defecto. Para la zona 8 la reducción fue 43%, mientras que para vigas con nudos en las zonas 4 ó 6 la reducción fue 20%. Los correspondientes porcentajes para la razón MOE vigas/MOE probetas fueron 14, 10 y 7%, respectivamente.

Las vigas con nudos sanos aceptables y el subconjunto de vigas acep-

tadas con nudos sanos (aceptables) tuvieron en promedio Factores de Calidad similares a los de vigas del mismo grupo pero sin nudos, excepto cuando los nudos se ubicaron en las zonas de máximo esfuerzo cortante. Para las vigas con nudos aceptables en estas zonas (4 y 6), el Factor de Calidad fue 12% menos que el de vigas de calidad similar pero sin nudos. Esto indica que la Regla de Clasificación es menos exigente para nudos (en ciertas ubicaciones) que para otros defectos y una revisión de las tolerancias para nudos podría ser conveniente.

5.6 Nudos Huecos, Deteriorados o Atacados

Se permiten nudos huecos o deteriorados con un diámetro no mayor que 2 cm ó 1/8 del ancho de la cara. Los nudos huecos fueron más desfavorables cuando se ubicaron en la zona de máximos esfuerzos de tracción (zona 8), tanto en las vigas en condición verde como en aquellas ensayadas en condición seca. También fueron apreciables los efectos de nudos huecos en la zona de máximos esfuerzos de compresión (zona 2) y en las zonas de máximos esfuerzos cortantes (4 y 6).

Las propiedades mecánicas de las vigas con y sin nudos huecos en las zonas antes mencionadas se comparan en las tablas E 8 a E 10 y E 32 a E.34. Para estas tablas los nudos han sido calificados como aceptables o no aceptables sólo en función de sus dimensiones, sin hacer distinción entre los nudos huecos sanos y aquellos incluidos en este grupo por ser atacados. Esto explica algunos valores relativamente bajos para el grupo de "vigas con nudos huecos aceptables", que en muchos casos corresponden a nudos pequeños pero con ataques de hongos xilófagos. Los resultados para el grupo de "vigas aceptadas con nudos huecos", que no tienen ataques de hongos xilófagos, sí son similares a los de vigas aceptadas pero sin nudos.

En promedio, el Factor de Calidad de las vigas con nudos huecos no aceptables en la zona 8 fue 38% menor que el de vigas sin este defecto. Para vigas con el mismo defecto en la zona 2 la reducción fue

29%, mientras que si el defecto se presentó en las zonas 4 ó 6 se tuvo un promedio menor en 32%. En la razón MOE vigas/MOE probetas los porcentajes de reducción fueron 13, 9 y 14%. Es interesante observar que el efecto que sobre la rigidez tienen los nudos huecos en las zonas 4 ó 6 es más pronunciado que el de otros defectos con la misma ubicación (incluso ataques de hongos xilófagos)

5.7 Fallas de Compresión

Aunque la información disponible corresponde a pocas vigas, es evidente la influencia de este defecto en la resistencia y, en menor medida, en la rigidez (ver tablas E 11 y E 35)

Con pocas excepciones, el MOR de las vigas con este defecto fue muy inferior al correspondiente promedio para vigas de la misma especie en la misma condición. Las excepciones se dieron cuando las fallas de compresión estuvieron localizadas en zonas poco esforzadas. Sin embargo, debe tenerse presente que las fallas de compresión visibles son por lo general indicadores de defectos similares no visibles, que podrían ubicarse en zonas más esforzadas. Además, la Regla de Clasificación está orientada a un control de calidad del material, sin referirse a un uso específico. Por ello, las vigas con defectos de este tipo deben ser descartadas.

El Factor de Calidad de las vigas con fallas de compresión fue en promedio inferior en 30% al del resto de vigas, e incluso inferior en 23% al de las vigas rechazadas por otros defectos, con un mínimo de 0.09 (para una viga cuya falla estuvo relacionada directamente con una falla de compresión preexistente). La influencia de las fallas de compresión fue más notoria en las vigas ensayadas en condición seca al aire.

Se tuvo poca evidencia de interacción entre fallas de compresión y otros defectos. 57% de las vigas con fallas de compresión presen-

taron también otros defectos no aceptables. Estas tuvieron un Factor de Calidad 6% menor al obtenido para las vigas que, de no ser por las fallas de compresión, habrían sido aceptadas.

La influencia de las fallas de compresión en la rigidez es menor que en la resistencia. En promedio, la razón MOE vigas/MOE probetas para las vigas con este defecto fue 88% del promedio para todas las vigas. También en este caso se obtuvieron valores menores para las vigas secas.

5.8 Perforaciones Pequeñas

Sólo se permiten perforaciones pequeñas (de diámetro no mayor que 3 mm) si se presentan en forma moderada y no están alineadas. Se ha considerado aquí como tolerancia 10 perforaciones por decímetro cuadrado. Algunos resultados obtenidos para vigas con y sin este defecto en las zonas más esforzadas se resumen en las tablas E 12 a E 14 y E 36 a E 38.

La influencia de las perforaciones pequeñas en el MOR fue proporcionalmente más importante para las especies de menor densidad, particularmente la Marupá. Para las vigas de esta especie, la reducción en el MOR promedio que puede atribuirse a la presencia de perforaciones pequeñas no aceptables es entre 36% y 54%, dependiendo de la ubicación del defecto. En general, las perforaciones tuvieron mayor influencia cuando se presentaron en la zona de máximos esfuerzos de tracción (zona 8).

Los resultados obtenidos para el Factor de Calidad confirman la mayor influencia de las perforaciones en el canto en tracción. Los efectos de perforaciones en las zonas de máximos esfuerzos cortantes (4 y 6) son en cierta medida sorprendentes, si se considera que para vigas de las dimensiones ensayadas los esfuerzos en estas zonas son pequeños en proporción a los admisibles.

Aunque los Factores de Calidad son menores para las vigas secas, la reducción debida a perforaciones pequeñas parece ser mayor para las vi-
gas verdes. También puede verse que, en promedio, las vigas con perfo-
raciones aceptables tuvieron Factor de Calidad 8% menor que el corres-
pondiente promedio para vigas sin perforaciones pequeñas. Esto se ex-
plica por la frecuente asociación de este defecto con ataques de hon-
gos, si sólo se consideran los resultados para vigas aceptadas, con y
sin perforaciones pequeñas, no se observan diferencias.

Los efectos de las perforaciones pequeñas en la rigidez fueron porcen-
tualmente menores.

5.9 Perforaciones Grandes

La Regla de Clasificación permite hasta un máximo de tres perforacio-
nes grandes (de insectos) por metro lineal. En las tablas E 15 a E 17
y E 39 a E 41 se comparan propiedades mecánicas de vigas con y sin es-
te defecto en las zonas sometidas a los máximos esfuerzos de compresión,
tracción o corte.

Excepto en los resultados para las vigas de Estoraque, la influencia
que las perforaciones grandes tienen sobre el MOR es apreciable. En
cambio, no se tuvieron reducciones significativas en las rigideces.

Los promedios de Factores de Calidad de las vigas con perforaciones
grandes no aceptables fueron entre 5% y 26% menores que aquellos de vi-
gas sin este defecto. Para las vigas ensayadas en condición verde los
mayores efectos correspondieron al caso de perforaciones grandes ubica-
das en el canto en compresión (zona 2). En las vigas secas el defecto
fue más crítico en el canto en tracción (zona 8).

En la razón MOE vigas/MOE probetas no se observaron diferencias signi-
ficativas, excepto cuando las perforaciones grandes estuvieron en las
zonas de máximos esfuerzos cortantes (zonas 4 y 6). En este caso la
reducción atribuible a perforaciones grandes no aceptables fue de 5%

5 10 Ataques de Hongos

La Regla de Clasificación no es suficientemente explícita en lo relativo a ataques de hongos. Por su naturaleza, los hongos cromógenos adecuadamente identificados deberían considerarse aceptables. Los elementos con ataques de hongos xilófagos deberían descartarse, aun cuando en apariencia el ataque sea sólo superficial.

Las vigas con hongos cromógenos tuvieron propiedades mecánicas comparables a las del resto de la población estudiada, no así aquellas con hongos xilófagos. Este defecto tuvo mayor incidencia cuando se ubicó en las zonas más esforzadas (ver tablas E 18 a E 20 y E 42 a E 44). Su influencia fue aún mayor cuando se combinó con otros defectos que facilitaron la penetración de los hongos xilófagos en la madera, tales como médula, nudos y escamaduras y en menor medida, perforaciones, grietas y rajaduras.

En promedio, las vigas con ataques de hongos xilófagos en las zonas de máximos esfuerzos de tracción o compresión tuvieron un Factor de Calidad 31% menor que el de vigas sin hongos o con hongos cromógenos. Cuando el ataque de hongos xilófagos se presentó en las zonas de máximos esfuerzos de corte el efecto fue algo menor (25%). Las reducciones observadas en la razón MOE vigas / MOE probetas fueron del orden de 8%.

5 11 Alabeos

La forma más frecuente de alabeo fue la arqueadura, es decir la curvatura del elemento en su dirección débil. Este defecto es permitido por la Regla de Clasificación si no excede 3 cm por cada 3 m. La encorvadura (curvatura en la dirección fuerte) se permite hasta un máximo de 1 cm por cada 3 m.

Para los ensayos de vigas aquí considerados la encorvadura no tuvo efectos apreciables en la rigidez o resistencia. La arqueadura sí afectó la resistencia, particularmente en las vigas de las especies más densas, pero prácticamente no influyó en la rigidez (ver tablas E 21 y E 45).

Numerosas vigas con arqueadura aceptable tuvieron MOR y Factor de Calidad bajos en términos relativos a los de vigas de la misma especie y calidad.

Algo similar se observa en el grupo de vigas cuya falla por pandeo podría relacionarse con una arqueadura calificada como aceptable. Esto indica que la tolerancia en la Regla de Clasificación es excesiva, más aún si se considera que la arqueadura no es tan crítica en un elemento sometido a flexión como lo sería en elementos a compresión o flexocompresión.

Si se hubiera considerado un límite de 1 cm por cada 3 m aproximadamente 42% de las arqueaduras habrían sido calificadas como no aceptables (contra 5.5% con la tolerancia actual). Esto implicaría rechazar sólo 3% más vigas, dado que la mayor parte de las vigas con arqueadura también tuvieron otros defectos, frecuentemente no aceptables. Por otro lado, aunque los valores medios de MOR y Factor de Calidad serían poco afectados, los valores mínimos aumentarían significativamente. Por ejemplo, el Factor de Calidad mínimo para vigas cuya forma de falla tuvo relación con arqueadura aceptable sería 0.53, en lugar del 0.30 actual.

Si la tolerancia fuera de 1.5 cm en 3 m, 25% de las arqueaduras habrían sido no aceptables y se habrían rechazado 1.5% más vigas que con la regla actual.

5.12 Grietas de Secado

Este defecto se permite si las grietas son escasas y poco profundas (máximo 2 mm). Las grietas fueron poco frecuentes en las vigas ensayadas, en ningún caso tuvieron relación directa con la falla. En las tablas E 22 y E 46 se comparan propiedades mecánicas de vigas con grietas en las zonas de máximo esfuerzo cortante con las correspondientes propiedades de vigas sin este defecto.

Aunque algunas vigas con grietas tuvieron baja resistencia, el efecto de este defecto fue en general poco importante. El MOE fue similar o aun mayor que para el resto de vigas de la misma especie y calidad.

5 13 Rajaduras

La Regla de Clasificación permite rajaduras sólo en un extremo del elemento y con una longitud no mayor que el ancho de la cara. Esto parece ser muy conservador para elementos sometidos a flexión (con la relación luz/peralte de las vigas ensayadas)

Las tablas E 23 y E 47 comparan propiedades mecánicas de las vigas con y sin rajaduras. En promedio, los MOR y MOE de las vigas con rajaduras aceptables fueron similares a los de otras vigas de la misma especie y calidad. Para las vigas con rajaduras no aceptables se obtuvieron valores medios apreciablemente menores (con reducciones de hasta 50%). Sin embargo, si se consideran las vigas rechazadas sólo por rajaduras, o las 3 vigas cuya forma de falla tuvo una relación directa con las rajaduras, no se observan tales reducciones. Esto podría explicarse por la poca influencia de las rajaduras per se, que en cambio podrían ser indicadores de condiciones en las que otros defectos son más frecuentes o desfavorables.

Los resultados obtenidos para el Factor de Calidad y para la razón MOE vigas/MOE probetas fueron cualitativamente similares a los obtenidos para MOR y MOE, con pocas excepciones. Contrariamente a lo observado para otros defectos, la "influencia de las rajaduras" fue más notoria para las vigas ensayadas en condición verde. Esto es consistente con la hipótesis del párrafo anterior, ya que las rajaduras no deberían presentarse en vigas con alto contenido de humedad.

5 14 Escamaduras o Acebolladuras

Este defecto es el más importante en el grupo de separaciones del leño. La Regla de Clasificación permite escamaduras superficiales, paralelas al eje de la pieza y no mayores que 1/4 de su longitud. Las tablas E 24 y E 48 comparan propiedades mecánicas de las vigas sin escamadura y con este defecto en grado aceptable o no aceptable.

Las vigas con escamadura no aceptable tuvieron mucho menor MOR que las vigas de la misma especie y calidad ensayadas en igual condición, con reducciones de hasta 60%. También las vigas con escamaduras aceptables tuvieron, en promedio, resistencias menores que el resto de la población de la misma especie. Esto puede explicarse por la frecuente asociación de este defecto con ataques de hongos xilófagos (26% de los casos) y con inclinación de grano (74%, en 70% de éstas mayor que 1/8).

Los efectos en el MOE sólo fueron apreciables para escamaduras no aceptables. Se observaron reducciones entre 3% y 10%, excepto en dos vigas de Catahua amarilla, que tuvieron 75% y 38% del correspondiente MOE promedio.

Los resultados obtenidos para el Factor de Calidad y la razón MOE vigas/MOE probetas fueron similares a los obtenidos para MOR y MOE. En promedio, las vigas con escamaduras no aceptables tuvieron un Factor de Calidad 27% menor y una reducción de 8% en la razón MOE vigas/MOE probetas.

Es importante recalcar que las escamaduras fueron especialmente perjudiciales cuando tuvieron ataques de hongos xilófagos. Para vigas con esta combinación de defectos el Factor de Calidad promedio fue 0.39, contra 0.60 para las vigas con escamaduras (incluso no aceptables) pero sin ataques de hongos. Para las vigas con hongos xilófagos, pero sin escamaduras el promedio fue 0.49.

Las escamaduras que afectaron simultáneamente cara y canto (y por lo tanto no fueron superficiales), tuvieron mayor efecto en la resistencia. Por ejemplo, 8 vigas presentaron escamaduras que involucraron una cara y el canto en tracción, éstas tuvieron un Factor de Calidad promedio de 0.38. De estas vigas, 5 presentaron ataque de hongos xilófagos. El valor medio del Factor de Calidad en este último grupo fue 0.27.

6 CONCLUSIONES

Los defectos tienen más influencia en la resistencia que en la rigidez de vigas a escala natural. Esto se manifiesta en la buena correlación entre el módulo de elasticidad en probetas libres de defectos y el módulo de elasticidad en vigas, independientemente de su calidad. En la relación entre módulo de rotura en vigas y en probetas se observa mayor dispersión, excepto cuando sólo se consideran vigas previamente clasificadas. El módulo de elasticidad en probetas es un buen predictor del correspondiente módulo de rotura, pero no ocurre lo mismo entre la rigidez y la resistencia de vigas con defectos. También en este caso, si sólo se consideran las vigas aceptadas por la Regla de Clasificación Visual la correlación mejora apreciablemente.

El grano inclinado es el defecto más frecuente e importante desde el punto de vista de las propiedades mecánicas. Las perforaciones pequeñas son muy frecuentes en algunas especies y particularmente perjudiciales cuando se presentan asociadas con ataques de hongos. Otros defectos que favorecen los ataques de hongos xilófagos son la inclusión de médula, los nudos y las escamaduras. Las fallas de compresión tienen también un efecto muy importante en las propiedades mecánicas.

La Regla de Clasificación Visual del PADT-REFORT resulta efectiva en eliminar un gran porcentaje de las vigas con Factor de Calidad bajo, es decir con módulo de rotura bajo en términos relativos a los módulos de rotura de las correspondientes probetas. Sin embargo, algunas modificaciones a la Regla de Clasificación propuesta parecen convenientes.

- No aceptar elementos que incluyan médula. Esto significaría incrementar muy poco el porcentaje de madera rechazada. Por otro lado, se eliminaría una zona del árbol muy susceptible de ataques biológicos.
- Revisar las tolerancias para nudos sanos. Esto es necesario, para ser consistentes con lo exigido para otros defectos. También debe-

rían evitarse los nudos en aristas, que por lo general implican discontinuidades en el grano

- Limitar las arqueaduras a $1/300$ de la longitud del elemento La tolerancia actual es excesiva, particularmente para elementos sometidos a compresión o flexocompresión

La Regla de Clasificación debería ser también más explícita en rechazar ataques de hongos xilófagos, en albura o duramen, aun cuando sean superficiales

Dada la poca influencia de los defectos en la rigidez, la Regla de Clasificación Visual no es igualmente eficaz para separar las vigas de menor MOE Es importante señalar que cualquier modificación a la regla propuesta sería igualmente poco efectiva El 5° percentil del MOE de vigas es del orden de 70% del correspondiente promedio, independiente de la calidad de las vigas Esto es consistente con lo propuesto en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (2) para el MOE

Por otro lado, si se tratara de establecer una regla de clasificación visual exclusiva para elementos sometidos a flexión, que constituyen un alto porcentaje de los elementos utilizados en viviendas pequeñas y cuyo diseño está controlado por rigidez, ésta podría ser mucho más simple que la Regla de Clasificación actual, limitándose a aquellos defectos que pueden afectar la durabilidad

REFERENCIAS

1. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Area de los Recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT), 1982 "Manual de Clasificación Visual para Madera Estructural" 1ra versión, Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC) Lima
2. PADT-REFORT, 1982. "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino" 3ra edición preliminar JUNAC Lima
3. PADT-REFORT, 1981 "Descripción General y Anatómica de 105 Maderas del Grupo Andino" JUNAC, Lima
4. PADT-REFORT, 1980 "Estudio de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 104 Especies de los bosques Tropicales de la Subregión Andina Edición Preliminar, JUNAC Lima
5. PADT-REFORT, 1982. "Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 20 Especies de Bolivia" JUNAC, Lima
6. PADT-REFORT, 1982 "Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 24 Especies de Colombia" JUNAC, Lima.
7. PADT-REFORT, 1982 "Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 20 Especies de Ecuador" JUNAC Lima
8. PADT-REFORT, 1982 "Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 20 Especies del Perú" JUNAC Lima
9. PADT-REFORT, 1982 "Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 20 Especies de Venezuela" JUNAC Lima.

- 10 American Society for Testing and Materials (ASTM), 1974 "Standard Methods of Static Tests of Timbers in Structural Sizes". ASTM D 198-67 (1974) Philadelphia
- 11 American Society for Testing and Materials (ASTM), 1972 "Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber Part II Secondary Methods" ASTM D 143-52 (1972) Philadelphia
12. Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), 1972, "Método de Determinación del Contenido de Humedad" Norma COPANT 460
13. COPANT, 1972. "Método de Determinación del Peso Específico Aparente" Norma COPANT 461
- 14 Bohannan, B 1966 "Effect of Size on Bending Strength of Wood Members" USDA Forest Service, Research Paper FPL 56
- 15 U S Forest Products Laboratory, 1974 "Wood Handbook Wood as an Engineering Material" USDA Agriculture Handbook N° 72, rev Washington, D C

APENDICE A

REGLA DE CLASIFICACION VISUAL DEL PADT-REFORT *

	<u>DEFECTOS</u>	<u>TOLERANCIAS</u>
1	ALABEOS	
	- Abarquillado	No se permite
	- Arqueadura	Se permiten 3 cm por cada 300 cm de longitud, o su equivalente $h/L \leq 1\%$
	- Encorvadura	Se permite 1 cm por cada 300 cm de longitud, o su equivalente $h/L \leq 0.33\%$
	- Torcedura	Se acepta sólo si es muy leve y en una sola arista
2	ALBURA**	Se permite albura sana no preservada hasta 25% de la pieza Sin restricciones cuando está debidamente preservada No se permite si está atacada por hongos xilófagos
3	ARISTA FALTANTE	Se permite en una sola arista, con un borde no mayor que 5 cm y una longitud máxima de 50 cm en elementos de 3 m, o su equivalente
4	DURAMEN QUEBRADIZO	No se permite
5	ESCAMADURA	Se acepta si es superficial, paralela al eje de la pieza y no mayor que 1/4 de su longitud
6	FALLAS DE COMPRESION	No se permiten
7	GRANO INCLINADO	Se permite en cara o canto hasta un máximo de 1/8
8	GRIETAS DE SECADO	Se permiten en forma moderada y con 2 mm de profundidad máxima
9	MEDULA**	Se acepta si es pequeña, sana y/o tratada
10	NUDOS	
	- Nudos sanos	Se permiten con diámetro máximo de 4 cm o de 1/4 del ancho de la cara No se aceptan nudos arracimados
	- Nudos huecos	Se permiten con diámetro de hasta 2 cm o 1/8 del ancho de la cara

APENDICE B

DEFECTOS OBSERVADOS EN LAS VIGAS ENSAYADAS

Las tablas B 1 a B 5 indican los defectos observados en cada una de las vigas ensayadas

El código de cada viga está compuesto por especie, número de árbol, número de troza (de abajo hacia arriba) y número de viga (independientemente para cada troza) Los números asignados a cada especie son

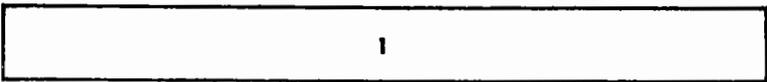
- 1 Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*)
- 2 Catahua amarilla (*Hura crepitans*)
- 3 Marupá (*Simarouba amara*)
- 4 Manchinga (*Brosimum uleanum*)
- 5 Estoraque (*Myroxylon peruiferum*)

Después del código de cada viga se indica su orientación de corte Las letras R, T, O significan corte radial, tangencial u oblicuo, respectivamente Donde figuran 2 letras se tuvo una orientación variable a lo largo de la viga R^c indica vigas con orientación radial en los extremos pero tangencial en la zona central

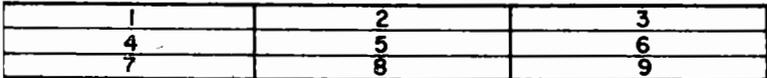
Las columnas con encabezamientos A, B, N, O, corresponden a los diversos tipos de defectos considerados en la Norma de Clasificación Visual del PADT-REFORT (Apéndice A), en el orden siguiente

- A Médula
- B Duramen quebradizo
- C Inclínación del grano
- D Nudo sano
- E Nudo hueco, suelto o deteriorado
- F Fallas de compresión
- G Perforaciones pequeñas
- H Perforaciones grandes
- I Hongos
- J Arqueadura

FIGURA 29 ZONAS CONSIDERADAS PARA LA DESCRIPCION DE LOS DEFECTOS OBSERVADOS EN CADA VIGA



- A Médula
- B Duramen quebradizo
- F Fallas de compresión
- J Arqueadura
- K Escamadura
- O Arista faltante



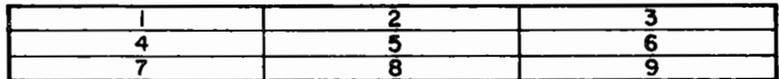
- D Nudo sano
- E Nudo hueco o atacado
- G Perforaciones pequeñas
- H Perforaciones grandes
- I Hongos
- L Grietas de secado



M Rajaduras



canto en compresión



2 caras

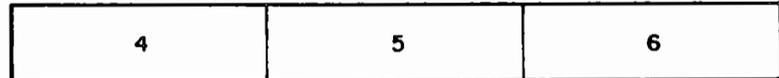


canto en traccion

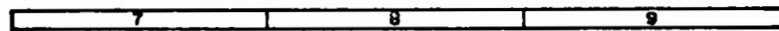
C Inclinacion del grano



canto en compresión



2 caras



canto en traccion

N Escamaduras o encebolladuras

Tabla B 2

DEFECTOS OBSERVADOS EN LAS VIGAS DE CATAHUA AMARILLA (Hura crepitans)

	A	B	C			D			E	F	G			H	I			J	K	L	M	N	O
viga	1	1	123	123456789	789	123456789	123456789	1	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	1	1	123456789	12	123456789	1			
2 112 R			11	1							121	11	1										
2 115 R			111	111111	111												1	2		1			
2 122 O			1	1	11	1	11										1						
2 125 R								1			222111111			111	11		1						
2 212 T			1	121211121							11	11	111				1						
2 215 RO			121					1			222222111	2	2										
2 222 T				2	2	121															2		
2 225 O				1	1						111111222												
2 315 R			11	1	11111	111	1													1			
2 412 TO			1		11111												1						
2 415 O				1	11						1	1					1						
2 422 O				211	1	1																	
2 425 T				11	21																1		
2 511 R			1	1	1	211															1		
2 512 R			1	11	11	11	1																
2 513 R			11	111			11														1		
2 514 OR				111111			1																
2 515 T				11	11																1		
2 516 T				1		1															1		
2 522 R																					1		
2 523 R				11																	1		
2 525 R			111			1															1 1		
2 611 T				1																			
2 612 T																							
2 613 T				1	11	11	1														1		
2 614 R				2	1	1																	
2 615 R				1	1							11									1		
2 616 R				1																	1		
2 617 R			1		1	1															1		
2 618 R							1														1		
2 619 R						11						1									1		
2 621 O																							
2 622 O				1	11	1															1		
2 623 OR																							

Tabla B 2
(continuación)

DEFECTOS OBSERVADOS EN LAS VIGAS DE CATAHUA AMARILLA (*Hura crepitans*)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
viga	1	1	123	123456789	789	123456789	123456/89	1	123456789	123456789	123456789	1	1	123456/789	12	123456/789
2 124 R									112222222							2222
2 126 R									222222111							
2 211 T			2	12	121				222222222							2
2 213 O			1	221	22	2			122							
2 214 OR			222			22			111221222			21				
2 216 OR			11						222222222	1	2	11	222111222			
2 221 T			2	2	21	21										
2 222 O				22		2			22222211							
2 224 O			1	1	1	12	21		22121	1						
2 311 R			1		1	1	1		22	11	11					1
2 312 R			111	11	11	1				1	11					
2 314 T				11	12	11										1
2 321 UT				1	1	11111			221121221							
2 322 T					11					2						
2 324 O				1	111	1			211							
2 326 O					12	1			222211111							2
2 411 TO				11	1				1							
2 413 O				1	111											
2 414 R					1											
2 416 OT				111111	21				111							1
2 421 O																
2 422 O			22	22	1	1										
2 424 T				111111121												
2 426 T				11	11											
2 524 R				11		211										
2 717 T				11	1	1			2	222			111			1
2 721 TO				11	1	1	1									
2 722 O				11		11	11									
2 724 R				11	1	1	1	212	1							1
2 726 R				1	1	11	1									
2 811 R										2						
2 913 O					11	11			2	12			111			1
2 914 T				111	111	11	111									
2 916 O				21	2	1										2

Tabla I 4
(continuación)

DEFECTOS OBSERVADOS EN LAS VIGAS DE HANCHINGA (*Prosimum ulzani*)

viga	A	B	C			D			E	F	G			H			I			J	K	L			M	N			O
	1	1	123	123456789	789	123456789	123456789	123456789	1	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	1	1	123456789	12	123456789	1	123456789	1			
4 113	D		1							1	1	1						111111111											
4 114	R				1			1				11						1111 1 1									1		
4 122	U	1	2	2211212	212		1	1		22	12111						1 11 11 1												
4 120	U		2	2 1222212						1	111221						111 1 2												
4 124	T		211	1 11 2						1	1 22									1						1			
4 122	T		12	1 11 2						11111111									1										
4 120	O		1	11 2 1 2 1						111 11 1							1111 11 1												
4 124	RO		11	1							1111						11 1 1												
4 210	R		111	2 1 12						21121111							1												
4 214	OR		1							212121221																			
4 222	R		22							111111																			
4 223	O		112							1 11 111							1 1 1 1												
4 224	RO				1					111111							111 1												
4 232	R	2	2	221212	2			2		121							111									1			
4 210	T			1 21 1						221111111																			
4 224	R			12 12			2	2						11222												1			
4 212	T			21 12 12						11 1 1							11111111									1			
4 312	R		1	1						11							12112 2							2 1					
4 214	R				1					11 11 11							111 1							2 2					
4 222	T			1 1						12111							11 11 11												
4 224	T		2	1 1 1				22		11111111																			
4 312	O			1						12212111							1 1 1												
4 334	R		1							11111111							1 111				1								
4 412	TO		22	1221						122222221										1							1		
4 413	T		1	1 2						122222222																			
4 414	T		1111211	2						1 2122122																			
4 422	OR			1 21 22				1		122122121							1 1 1												
4 423	R									1111111							11 111												
4 424	R		2	1						211 11																			
4 432	R			1						111122222							111												
4 434	R	12			21					111 21			12 2		111 11 1									1					
4 512	R	1		1 1						11 1							1 11												
4 512	R			11 11 12						11 1 1																			
4 514	R		1	2 21 1 1						21 11							1												
4 522	R									122 21 11							11 11 1 1			1									

APENDICE C

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LAS VIGAS ENSAYADAS

Las tablas C 1 a C.8 resumen las propiedades físicas y mecánicas más importantes de cada una de las vigas ensayadas DB indica densidad básica, DSA indica la densidad en condición seca al aire CH indica el contenido de humedad El código de cada viga indica especie, número de árbol (1 ó 2 dígitos), número de troza (de abajo hacia arriba) y número de vigas (independientemente para cada troza)

Las columnas siguientes indican la orientación de corte radial (R), tangencial (T), oblicuo (O), variable entre radial y oblicuo (RO) o entre tangencial y oblicuo (TO) y en algunos casos variable entre radial y tangencial (RT, R*)

La clasificación de las vigas según la Regla de Clasificación Visual del PADT-REFORT (ver apéndice A y B) se indican en la columna siguiente R corresponde a vigas rechazadas y A a las aceptadas como de calidad estructural

Los módulos de elasticidad (MOE), esfuerzos al límite proporcional (ELP) y módulos de rotura (MOR) han sido determinados con hipótesis de homogeneidad e isotropía, es decir con las fórmulas habituales de la teoría de vigas Para estos cálculos se utilizaron las dimensiones reales de los especímenes En la determinación de los módulos de elasticidad, a partir de las cargas y deflexiones correspondientes al límite proporcional, no se han considerado deformaciones de corte Esto significa que los valores de MOE que figuran en las tablas son ligeramente menores que los reales, posiblemente en un 5% a 10%.

Los resultados que se presentan para probetas pequeñas libres de defectos corresponden por lo general a promedios de 2 ensayos En 37 vigas solo pudo obtenerse una probeta de flexión estática sin defectos. Para 15 de las vigas ensayadas no se pudieron obtener probetas libres de defectos

Tabla 1.1
(Continuación)

RESUMEN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE 5 VIGAS DE MARIPIA (Simarouba amara) EN AYUDA EN CONDICIONES VERDES

Viga	Vigas a escala natural			Pruebas pequeñas libres de defectos			
	MOL	ELF	MOL	ELF	CHG	MOL	MOR
1025 F A	27740	47	14		5.0	74070	111
1025 F F	27550	47	14		7.0	72500	117
1075 F B	54110	11	12		5.0	77500	445
1075 F F	22270	150	150		2.7	4500	117
1075 F A	72220	41	1		7.0	70000	457
1075 F B	27210	107	10		7.0	77000	117
1115 F A	47200	270	400		26.0	77000	477
1115 F F	27400	47	140	4	71.0	77000	117
1115 B B	27220	147	147	7	45.0		
1215 F F	66320	257	25	7	5.0	77040	44
1215 F B	47200	421	45	4	5.0	77770	407
1215 F F	20700	27	721		5.1	77500	404
1715 F B	71220	241	71	11	45.0	77040	422
1715 F B	70450	210	220	17	47.7	25220	447
valor medio	74074	122	227	9	47.7	70211	417
desv. estándar	15112	77	112	0	12.2	10221	47
coef. variación	20	5	40	0	25	1	11

Tabla C 2
(continuación)

PROP. EDAD. F. L. T. H. L. M. E. L. A. N. I. C. H. A. L. D. E. 7. V. I. T. A. L. D. E. M. A. R. U. F. A.
(Simarouba amara) EN AYADAE EN UNIFICION LLA AL AIRE

Viga	Vigas a escala natural			Probetas pequeñas libres de defectos			
	MOE	ELF	MOR	Dsa	U H (%)	MOE	MOR
3 71E	107250	211	474	44	12 2	105700	624
3 721	67200	117	15	51	1 0	15100	575
3 722	77210	211	15	40	12 1	79400	605
3 724	107360	247	477	4	12 2	10010	620
3 726	112720	421	512	30	12 4	114510	67
3 711	25400	1	47	4	12 7	17000	521
3 71E	101250	247	475	47	12 7	111500	675
3 721	11270	247	45	40	1 5	140	617
3 522	21440	267	474	40	12 7	2040	677
3 527	74470	241	111		11 7	0500	51
3 524	74610	247	547	47	12 0	72510	725
3 526	73100	211	421	22	12 1	7270	577
3 527	70260	211	421	37	12 0	52710	471
3 527	27700	401	401	45	12 4	5770	475
3 52A	25720	207	111	44	12	25100	67
3 52C	1200	40	174	47	12 7	105040	77
3 52D	75530	111	111	27	12 7	52700	114
3 52F	64740	172	150	40	12 4	15070	712
3 711	70970	162	212	41	12 5	70700	611
3 71C	62060	115	115	42	12 7	72750	570
3 721	22330	241	241	41	12 2	6020	511
3 722	30720	217	474	4	12 2	4720	421
3 724	104150	407	507	41	12 7	7170	671
3 726	31210	111	17	41	12 7	1000	654
3 71	70700	1	47	41	1	0	67

PROPIEDADES FÍSICAS Y MEDIDAS DE LAS VIGAS DE LATAHIA AMARILLA (Hura crepitans) ENLAYADAS EN CONDICION VERDE

Vigas a escala natural

Pruebas pequeñas libres de detección

Viga	MUE	ELF	MOR	DF	CH(%)	MUE	MOR
2 112 R R	35270	163	277	27	70 2	70000	272
2 115 R R	35710	257	421	25	57 2		
2 122 O R	51710	52	421	2	37 4	51250	501
2 125 R R	77200	214	22	4	40 0	100250	142
2 212 T R	61200	210	302	71	20	65650	227
2 215 UR R	67250	205	2		2 5	55410	42
2 227 T R	57250	172	20	1	4 7	57170	20
2 228 U R	62250	205	2		5 4	51470	14
2 315 R R	72290	242	122		4	102770	257
2 412 UR A	67070	277	444	4	77 2	70520	517
2 415 O R	57220	271	404		7	70670	470
2 422 O R	71420	312	417	25	75 2	71570	472
2 425 T R	74650	24	456	23	27	71020	507
2 511 R R	37140	321	453	41	54 7	35270	425
2 512 F A	74410	221	40	44	45 0	77170	501
2 513 R R	27750	256	412	47	52 5	77210	454
2 514 UR A	87010	367	422	42	47 5	6270	552
2 515 T A	75310	221	472	42	40 7	50770	542
2 516 T A	27720	324	474	42	47 2	77750	200
2 522 R A	76220	222	227	22	53 0	57740	412
2 523 R A	24720	205	221	42	77 7	62710	422
2 525 R A	65750	205	21	41	22 2	3270	442

Tabla C 2
(continuación)

PROPIEDADES FÍSICA Y MECÁNICA DE 62 VIGAS DE CAJAHUA
AMARILLA (Hura crepitans) EN ARADAS EN CONDICIÓN VERDE

Viga	Vigas a escala natural			Probetas pequeñas libres de defectos					
	MJE	ELF	MUR	DE	CH (1)	INDL	MUR		
Z 712	U	R	60910	205	14	41	25	2140	477
Z 715	UR	R	55720	277	277	10	4 4		
Z 722	R	R	102740	150	740	1	71 7	71700	7
Z 725	O	R	56930	245	217	=	50 4	73500	474
Z 727	F	A	64610	241	11	14	19	62100	406
Z1012	U	R	77020	277	27	7	25 0	55100	450
Z1015	RU	A	72510	277	420		20 2	52100	47
Z1022	U	F	66630	150	277	4	44 1	2100	154
Z1025	OR	R	63630	150	275	44	1 7	60620	27
Z1112	RU	R	77520	257	267	7	20 1	77120	42
Z1115	RO	R	71250	325	424	40	27 1	7320	42
Z1122	RO	R	29220	165	165	27	26 0	75100	472
Z1211	F	F	57020	127	107	17	25 2	21710	2
Z1712	R	A	74370	241	4	11	11	7210	30
Z1717	R	R	71700	262	400	42	22 1	7770	574
Z1215	O	R	66550	270	276	40	27 1	73220	307
Z1722	U	A	50470	175	411	27	70 7	57620	527
Z1225	OR	R	50810	150	215	41	27 2	54700	320
valor medio			75016	271	231	40	4 5	75751	427
desv. estándar			15467	7	111	05	1 2	11022	75
coef. variación			21	2	48	12	29	15	17

Tabla C 4
(Continuación)

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE 72 VIGAS DE CATAHUA
AMARILLA (Hura crepitans) EN AYADAS EN FUNDICION SELA

Vigas a escala natural

Pruebas pequeñas libres de defectos

Viga	MUE	ELP	MOR	Usa	CH (%)	MUE	MOR
Z 924 OR R	80450	229	476	45	11 4	70600	752
Z 926 R R	81220	315	421	43	13 2	77150	671
Z 927 R A	59120	202	403	41	11 7	89210	683
Z1011 OR R	75340	349	458	41	12 1	74760	576
Z1012 U R	78560	379	476	44	11 4	85340	674
Z1014 T R	80050	407	512	47	11 8	75200	765
Z1016 T R	86770	406	512	49	11 7	108750	644
Z1021 O R	87300	257	437	55	11 1	74110	675
Z1022 R R	87310	287	453	55	11 4	121070	662
Z1024 O R	113510	249	349	56	11 1	116550	352
Z1111 OF R	84570	432	530	53	11 5	86540	651
Z1113 TR R	74290	331	365	45	11 2		
Z1114 OF R	76270	279	474	42	11 9	77670	745
Z1116 O A	76550	317	476	44	11 3	77760	736
Z1121 RF R	102940	150	349	51	11 2	84250	559
Z1123 R R	52210	73	114	47	11 6	70990	660
Z1214 O R	67280	137	223	42	11 9	76940	623
Z1216 TO R	85770	275	419	57	11 7	88740	626
Z1221 U A	112200	275	437	50	12 0	80730	669
Z1223 R R	74270	260	405	50	11	102750	30-
Z1224 R R	66360	205	205	50	12 7	87150	716
Z1226 U R	85270	114	114	47	11 7	101740	525
valor medio	77743	259	410	46	11 7	7187	625
desv. estandar	14473	7	113	06	7	10172	113
coef. variacion	18	0	27	14	04	17	16

Tabla C.5

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS VIGAS DE TORNJILLO
(Cedrelina latifolia) EN AYUDAF EN CONDICIÓN VERDE

Viga	Vigas a escala natural			Probetas pequeñas libres de defectos					
	MUE	ELF	NOI	DE	CH(°)	MUE	NOI		
1 112	R	A	97120	274	451	51	72 0	107520	715
1 113	OR	R	90800	295	411	51	22 2	109020	667
1 114	R	R	95670	379	475	47	76 5	101440	640
1 121	T	A	97120	116	502	45	67 7	100450	626
1 122	O	A	97650	367	477	50	51	107150	711
1 123	TO	R	91220	247	447	50	77 0	100350	611
1 124	T	A	95140	302	477	47	67 1	105000	670
1 131	T	A	97370	325	464	51	60 6	107210	751
1 132	T	A	100050	207	475	51	61 1	112200	662
1 133	RO	R	86270	321	416	50	61 1	104440	607
1 134	T	R	81720	273	453	47	66 0	106710	610
1 211	O	R	95190	275	464	51	59 5	111400	611
1 212	O	R	92020	295	410	50	77 1	105740	577
1 213	T	R	97410	293	435	51	74 4	106100	617
1 221	TO	A	98950	325	325	54	77 1	110470	600
1 223	O	A	73900	302	342	50	62 1	104510	599
1 224	T	A	64630	253	325	47	54 0	112420	571
1 231	T	A	105450	275	377	45	51 1	113600	674
1 232	O	A	91310	325	416	45	51 0	107150	525
1 233	T	A	76670	258	361	45	49 4	125150	640

Tabla C 5
(continuación)

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS VIGAS DE TORNILLO
(*Cedrelina catenaeformis*) EN AYUDA EN LINDIC (UN VERDE)

Viga	Vigas a escala natural			Probetas pequeñas libres de defectos			
	MOE	ELF	MOR	UI	CH (%)	MOF	MOK
1 424 U R	71340	260	327	47	51.4	76670	205
1 421 T A	33260	344	476	50	74.2	43250	372
1 432 O A	20150	342	434	51	50.1	74370	264
1 431 T A	32210	341	442	42	77.2	77710	232
1 424 U A	70220	356	472	50	72.7	71300	211
1 511 T R	25550	347	424	50	77.1	75220	217
1 512 T R	101650	347	476	51	51.0	73400	211
1 513 T R	101720	333	526	51	67.6	2-500	232
1 514 T A	106170	342	512	52	63.4	104270	257
1 521 O A	24410	331	457	42	71.2	22010	236
1 522 OR A	27630	314	442	47	44.0	27030	267
1 523 OT R	24180	306	402	51	26.0	22410	222
1 524 O R	26270	225	402	50	37.7	21220	270
1 521 T R	29760	295	400	52	71.0	22720	211
1 533 O R	101650	347	502	52	50.7	63320	402
1 534 O R	91180	313	367	50	76.4	102360	361
valor medio	22222	319	426	50	62.0	104311	230
desv. estándar	2222	42	68	03	13.6	11364	57
coef. variación	10	12	16	05	2.0	11	02

Tabla C 7
(continuación)

PROPIEDADES FISIOLÓGICAS Y MECÁNICAS DE 15 VIGAS DE TORNILLO
(*Cedrela catalpaeflora*) EN AYUDA EN CONDICIÓN F.L.A.

Viga	Vigas a escala natural			Probetas pequeñas (libre de defectos)			
	MOE	ELF	MOE	MOE	ELF	MOE	MOE
1-15 O F	110020	275	475	54	15.5	114240	60
1-16 O F	115770	475	517	51	15.7	115500	7
1-17 U A	110240	472	533	55	17	117210	54
1-18 T A	105300	445	54	47	15.5	11270	27
1-19 T F	73250	13	55	51	15	11270	11
1-20 U F	7070	10	10	51	15.2	11270	11
1-21 T F	107420	522	20	50	15.5	111170	117
1-22 U F	110720	525	424	50	15.5	11270	607
1-23 U F	12720	177	522	50	15	12170	521
1-24 T A	72250	176	501	50	15.4	4240	10
1-25 U A	107410	422	577	52	15.7	105170	227
1-26 U A	105520	424	67	52	15.7	11000	22
11011 T R	129550	171	212	55	15.4	12400	221
11012 U A	141770	435	75	51	15.1	12770	740
11013 T A	72430	377	521	45	14.5	114130	754
11014 O R	111150	370	524	51	14	12150	700
11015 T A	133720	510	277	52	15.3	151570	104
11016 T R	100550	422	427	50	15.7	11240	214
11017 T R	131310	520	242	52	15.7	144110	707
11018 T R	115500	542	622	61	15.5	132470	1024

Table 6.7

PROCESES DE TALLA i MONTAJES DE LES VINES DE MARCHITON
 • Procesos de talle i els ajuts en la conducció de la vinya

Vinya				Vides a escala natural			Fruïtes pedregoses litres de defecte			
				MOE	FLF	MOE	Dsa	CH(%)	MOE	MOE
4 111	R	A	142150	673	51	5	17.5	122430	272	
4 112	R	A	147270	652	724	5	17.5	124530	111	
4 121	O	R	122150	54	72	5	17.1	15430	117	
4 131	O	A	140030	512	710	70	12.7	14550	1020	
4 211	R	R	125270	43	524	7	12.7	120720	115	
4 212	R	A	131610	543	524	50	1	132750	10	
4 221	R	A	144420	512	500	72	1.4	12120	62	
4 231	R	A	12210	72	5	5	12.7	17170	117	
4 311	T	R	144710	472	64	4	-	12120	1020	
4 321	T	R	151440	472	57	2	1	10740	72	
4 371	T	R	11220	444	511	2	12.0	1060	7	
4 377	U	R	127520	402	74	2	12	11740	10	
4 411	U	R	112460	567	7	2	12.4	115100	272	
4 421	R	R	122720	472	764	5	12.0	142710	275	
4 431	RH	R	122720	511	220	75	1.1	107500	700	
4 432	O	R	126040	513	512	7	12.7	140050	47	
4 511	T	R	14230	472	57	2	12.0	1220	10.1	
4 521	U	A	152740	524	764	22	12.7	122570	110	
4 531	R	A	125030	548	672	2	13.2	115610	1072	
4 532	R	A	158470	602	500	70	12.7	150770	1215	
4 611	O	A	127630	517	727	7	13.6	120100	1117	
4 612	U	R	158730	547	220	75	17.7	121410	1077	
4 621	R	R	131070	421	252	72	13.7	116230	1001	
4 631	R*	R	105330	51	227	23	12.0	144620	271	
4 711	T	A	146730	272	307	24	20.7	141250	1027	
4 712	U	R	172730	652	227	72	12.7	12700	1207	
4 721	T	R	122370	512	722	7	1	14720	1042	
4 731	R	A	143070	231	72	2	12	175240	1117	

Tabla C 7
(continuación)

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS VIGAS DE MANDRINO
(*Erosimum oleatum*) ENLAZADAS EN CONDICIÓN LEVE AL AIRE

Viga	Vigas a escala natural			Probetas pequeñas libres de defectos					
	MOE	ELF	MOR	Dsa	LH(%)	MOE	MOR		
4 224	T	R	139220	535	622	36	15 4	113120	1022
4 332	O	R	145560	523	750	37	14 9	111650	1007
4 334	R	A	145220	476	576	30	14 2	110170	970
4 412	TO	R	110070	356	516	30	16 0	120070	1024
4 413	T	R	114440	430	490	71	16 0	113670	924
4 414	T	R	115040	411	475	75	15 5	111530	972
4 421	OR	R	141710	551	571	5	16 2	117770	1131
4 423	R	A	164510	617	777	72	15 7	157740	1257
4 424	R	R	141740	720	811	37	15 5	152470	1231
4 433	R	R	113300	510	510	77	15 5	117230	925
4 434	R	R	111200	272	272	7	15 1	117120	44
4 512	R	A	130200	542	511	-1	14 1	121760	1071
4 513	R	R	140070	552	747	63	15 2	146600	1262
4 514	R	R	115100	553	633	36	14 4	140120	1176
4 522	R	R	148220	677	717	35	15	145260	1101
4 523	R	A	142410	600	714	7	15 0	147520	1100
4 533	O	A	142670	630	840	31	15 7	121550	1062
4 534	R	R	115690	546	676	32	14 7	116160	1030
4 535	R	R	115830	546	767	31	15 4	108520	977
4 613	O	R	150430	426	577	30	14 7	135420	982
4 614	O	R	119320	553	623	77	15 9	117500	1022
4 615	T	R	143570	357	631	31	15 7	143700	1036
4 622	TO	R	121270	429	535	75	15 2	151510	1056
4 623	R	R	123470	553	632	37	14 5	126750	1137
4 632	R	R	121340	341	322	2	14 5	110770	722
4 633	O	R	116600	422	545	61	15 7	124130	1007
4 634	O	R	103240	431	521	0	15	122260	1117

Tabla C 5

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE 67 VIGAS DE E. TURAJUE
(Myroxylon peruvianum) ENAYADA EN CONDICION SECA AL AIRE

Viga	Vigas a escala natural			Probetas pequenas libres de defectos					
	MUE	ELF	MUR	Usa	UH(%)	MUE	MUR		
S 111	UT	R	173450	726	726	94	15.6	177010	1682
S 121	T	R	175550	732	732	97	15.8	173930	1532
S 122	RO	R	130970	96	150	94	17.0	170530	1654
S 131	T	R	183560	945	945	91	15.7	184080	1739
S 211	TD	A	202940	1053	1376	94	15.8	183730	1755
S 212	T	A	191810	981	1197	91	15.5	179850	1715
S 221	T	R	174520	745	1231	97	15.6	187050	1601
S 231	O	R	155220	703	1201	92	15.1	145090	1424
S 311	R	R	167110	354	410	95	15.7	147160	1442
S 321	RF	R	160140	525	805	93	15.1	152200	1239
S 322	R	R	202390	354	1227	95	15.3	177110	1723
S 411	T	R	205090	949	1244	94	15.9	186970	1511
S 421	T	A	208400	1025	1203	93	15.4	187850	1603
S 431	R	R	147490	244	312	97	16.2	159600	1494
S 432	T	R	152400	630	526	92	17.7	165240	1546
S 511	T	A	215100	932	928	94	17.2	192270	1750
S 512	T	A	211640	917	1136	94	17.2	199530	1643
S 521	T	R	205290	1057	1311	94	16.6	190350	1616
S 531	TD	R	190080	961	763	91	16.1	172860	1577
S 611	T	A	213140	967	1040	94	16.6	177260	1601
S 621	T	R	176020	632	837	95	17.0	154460	1354
S 622	T	R	184240	833	983	96	16.9	167960	1477
S 631	T	R	192480	852	956	92	17.5	187210	1311
S 711	T	R	21270	955	755	91	17.7	166050	1507

Tabla C-8
(continuación)

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA VIGA DE ESTUQUE
(Myriophyllum peruvianum) ENSAYADAS EN CONDICIONES NORMALES

Viga	Vigas a escala natural			Probetas pequeñas libres de defectos			
	MUE	ELF	MUR	Dsa	CH(%)	MUE	MUR
S 434 T R	172100	750	1151	75	13.2	156770	1675
S 510 T R	212070	722	772	5	1.7	197640	1641
S 514 T R	212060	751	81	67	13.6	155760	1573
S 515 T R	212120	1005	1126	75	13.7	207640	1757
S 522 T A	214400	1047	1047	75	14.0	177060	1717
S 523 O A	227250	1020	1274	7	14.2	222710	1656
S 532 O R	206760	776	1105	77	14.6	227270	1855
S 537 R R	156620	443	424	72	13.6	165470	1420
S 534 T A	207470	722	922	71	13.6	160420	1367
S 612 R A	215130	1040	1213	66	12.7	134660	1617
S 613 T A	171140	777	1157	75	13.2	167420	1611
S 614 T R	162620	575	572	52	12.5	165660	1637
S 615 T A	137470	347	1151	60	13.4	147410	1510
S 620 T A	161200	374	374	64	14.0	171350	1467
S 624 T A	176750	341	1047	31	13.7	176010	1550
S 632 OT R	161710	544	544	61	12.7	163320	1452
S 722 O R	175750	656	722	67	14.3	171350	1557
S 722 T R	157270	707	667	67	13.6	166210	1527
S 733 T R	176140	675	603	77	13.7	161510	1473
valor medio	186334	222	944	61	13.0	176500	1596
desv. estándar	25181	227	270	04	1.6	17277	142
coef. variación	15	28	27	05	10	11	09

APENDICE D

FORMA DE FALLA Y SU RELACION CON LOS DEFECTOS OBSERVADOS EN LAS VIGAS

Esta información se presenta en las tablas D 1 a D 9, separadamente para cada especie y cada condición (verde o seca al aire), en orden creciente de módulo de rotura

El código de cada viga indica la especie, árbol y troza de los que procede (ver apéndice B) La columna C se refiere a la clasificación visual según la Regla de Clasificación para Madera Estructural del PADT-REFORT R indica una viga rechazada, A corresponde a una viga aceptada como de ca lidad estructural

La columna F indica el modo de falla

C corresponde a una falla iniciada en el canto en compresión, por lo general en la zona central más esforzada

T indica una falla iniciada en el canto en tracción

P denota pandeo lateral-torsional

S indica una falla de corte, poco frecuente en las vigas ensayadas

Se listan a continuación los defectos directamente relacionados con la forma de falla No figura esta información para las vigas en que la rela ción entre falla y defectos observados antes de los ensayos no fue eviden te. En las vigas que fallaron por pandeo habiendo tenido arqueadura antes del ensayo se ha listado este defecto como posible causa de la falla La columna "m" indica la gravedad del defecto o los defectos causante de la fa lla, teniendo como referencia la Regla de Clasificación Visual del PADT-REFORT 1 indica un defecto aceptable, 2 corresponde a un defecto mayor que lo permitido

Las dos columnas finales dan el módulo de rotura (MOR), en kg/cm^2 , y el Factor de Calidad (FC), es decir la relación entre el MOR de la viga y el

Tabla D 1

FORMA DE FALLA Y SU RELACION CON EL DEFECTO OBSERVADO EN LAS VIGAS DE MARIUFA (Eimarruba amara) ENSAYADAS EN CONDICION VERDE

Viga	C	F	Defectos causantes de la falla	m	MUR	FC
3 925	R	T	Perforaciones pequeñas y ataque de hongos xilofagos, zona 2	2	71	20
31032	R	T	Medula Hongos xilofagos, zona 3	2	107	30
3 722	R	T	Medula Hongos xilofagos, zona 3	1	114	37
3 732	R	T	Grano inclinado, zona 2	2	132	40
3 712	R	T	Medula Ataque de hongos xilofagos, zonas 5 y 5	1	131	37
31122	R	T	Perforaciones pequeñas, zonas 3 y 7	2	140	37
31125	R	T	Perforaciones pequeñas, zonas 5 y 7	2	147	41
31012	R	T	Duramen quebradizo	2	150	47
3 412	R	T	Perforaciones pequeñas, zona 7	2	171	47
3 115	R	T	Perforaciones pequeñas y ataque de hongos xilofagos, zona 7	2	177	48
3 012	R	T	Grano inclinado y perforaciones pequeñas, zona 2	1	211	50
31312	R	T	Hongos xilofagos, zonas 8 y 7	2	210	51
3 212	R	T	Perforaciones pequeñas, zona 2	1	241	53
31212	R	T	Medula Ataque de hongos xilofagos, zona 5	1	257	58
3 322	R	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	2	277	67
3 825	R	T	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	277	75
3 515	R	T			271	81
3 825	R	C	Perforaciones grandes, zona 2	1	311	80
31225	R	C	Ataque de hongos xilofagos, zona 3	2	321	80
3 512	R	C	Duramen quebradizo	2	322	84
3 922	A	T			347	1 00
3 712	A	C			351	87
3 522	R	C			355	70
3 622	A	C			367	86
3 812	R	C			37	9
31022	A	C			351	87
3 725	A	C			355	8
3 82E	R	C			357	84
31232	R	T	Nudo hueco, zona 7	2	391	70
3 112	A	C			400	84
3 612	A	T			401	70
3 323	A	C			407	1 01
31222	R	T			453	1 1
3 122	A	C			410	70
3 112	A	C			411	1 07

Tabla D 2
(continuación)

FORMA DE FALLA Y SU RELACION CON LOS DEFECTOS OBSERVADOS EN LA VIGA DE MARUFA (Simarouba amara) ENLAZADA EN CONDICION SECA AL AIRE

Viga	C	F	Defectos causantes de la falla	m	MOR	FL
1021	R	T	Perforaciones pequeñas, zona 2	2	247	61
110	R	C	Escamadura en cara	2	247	50
1010	F	T	Nudo hueso, zona 2	2	247	54
1010	R	T	Medula	1	247	70
1011	A	T	Perforaciones pequeñas, zona 2	1	257	67
111	A	C			401	67
127	A	T			401	61
124	R	T			421	72
1411	A	T	Perforaciones pequeñas, zona 2	1	421	77
127	R	T			421	57
120	A	T	Grano inclinado, zona 7	1	421	70
111	R	T	Perforaciones pequeñas y ataque de hongos (pilobolus), zona 2	2	427	57
151	A	T			427	74
121	A	T	Perforaciones pequeñas, zona 2	1	427	74
111	A	C			427	7
122	A	C			457	70
110	A	C			453	67
1224	A	C			453	67
121	R	T			453	74
1221	A	C			474	67
101	A	C			474	71
124	A	C			474	77
1514	A	T			474	75
110	A	T			474	61
120	A	T	Grano inclinado, zona 2	1	474	67
120	A	T			474	75
122	R	C			474	77
110	R	T	Escamadura en cara	2	474	77
124	A	T			507	70
1110	A	C			512	71
1224	R	C			510	7
124	A	T			511	74
1111	R	C			510	71
120	A	F			541	71
121	A	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	1	543	77
124	A	F	Arqueadura	1	543	70

Tabla D-1
(Continuación)

FORMA DE FALLA Y SU RELACION CON LOS DEFECTOS OBSERVADOS EN LAS VIGAS
DE CATAHUA AMARILLA (Hura crepitans) EN AYADAS EN CONDICION VERDE

Viga	C	F	Defectos causantes de la falla	m	MOR	FC
21211	R	C	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	400	27
2 410	A	C			404	31
21222	A	C	Grano inclinado, zona 2	1	414	77
2 422	R	C			412	21
2 510	A	T	Arqueadura	1	412	22
2 110	R	C			421	34
2 122	A	C	Grano inclinado, zona 3	1	421	34
21110	R	C			424	9
21010	A	C	Arqueadura	1	420	71
2 110	A	C			444	6
2 412	A	F	Grano inclinado, zona 3	1	444	20
2 420	R	C			454	70
2 117	A	C	Grano inclinado, zonas 3 y 4	1	451	73
2 511	R	T			453	7
2 115	A	C	Grano inclinado, zona 3	1	466	71
2 512	A	C			463	7
2 515	A	C	Grano inclinado, zonas 3 y 4	1	472	32
2 610	A	C			476	31
2 725	A	C	Grano inclinado, zonas 3 y 4	1	472	107
2 514	A	T			451	87
2 516	A	C	Grano inclinado, zona 3	1	474	32
2 612	A	T			474	27
2 617	A	C	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	501	70
2 616	A	C			512	21
2 612	A	C	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	512	72
2 622	A	C			520	87
2 621	A	C	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	521	71
2 114	R	C			527	71
2 718	R	C	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	542	127
2 611	A	C			548	87
2 622	A	C	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	551	34

Tabla D 4
(Continuación)

FORMA DE FALLA Y SU RELACION CON LOS DEFECTOS OBSERVADOS EN LAS VIGAS DE CATAHUA AMARILLA (Hura crepitans) EN AYUDA EN CONDICION SECA AL AIRE

Viga	C	F	Defectos causantes de la falla	n	MUR	FC
2 920	R	C			421	62
2 720	A	F			421	66
2 814	A	T	Grano inclinado, zona E	1	421	67
2 914	R	T	Grano inclinado, zonas 7 y E	2	421	70
2 424	R	T	Grano inclinado, zona E	2	421	54
2 721	A	T	Grano inclinado, zona E	1	421	60
21210	R	T	Grano inclinado, zona 7	2	421	64
21021	R	T	Grano inclinado, zona E	1	421	65
21221	A	C			421	66
2 720	A	F			421	71
21022	R	C	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	450	50
221	A	C			450	67
21011	R	C			450	70
2 220	R	T	Grano inclinado, zona E	2	450	62
21110	A	C			470	66
2 724	R	C			470	65
21010	R	C			470	71
21114	R	C			474	66
2 122	R	T			474	70
2 717	R	T	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	512	54
21010	R	T	Grano inclinado, zona E	1	512	61
21014	R	C			512	67
2 421	A	T			512	66
2 121	R	T	Grano inclinado, zonas 7 y E	2	512	69
2 311	R	C	Perforaciones pequenas, zona 2	2	500	57
2 817	A	C			500	65
21111	R	T	Grano inclinado, zona E	1	500	61
2 411	A	T			540	70
2 420	A	T			540	70
2 410	A	T	Grano inclinado, zona E	1	540	70
2 414	A	T			540	70
2 720	R	C	Perforaciones pequenas, zona 2	2	540	85
2 912	A	T	Grano inclinado, zona E	1	560	66
2 423	R	T			534	67
2 817	A	C			504	70
2 310	A	T	Grano inclinado, zona E	1	692	107

T-51a D 5
(continuación)

FORMA DE FALLA Y SU RELACION CON LOS DEFECTOS OBSERVADOS EN LAS VIGAS
DE TORNILLO (*Cedrelinga latenaeformis*) ENSAYADAS EN CONDICION VERDE

Viga	C	F	Defectos causantes de la falla	m	MUR	FC
1 421	A	P	Arqueadura	1	437	68
1 422	A	C			437	72
1 423	A	T	Grano inclinado, zona 8	1	442	70
1 522	A	C			443	77
1 112	A	T	Perforaciones pequenas, zona 2	1	451	66
1 313	A	C			451	65
1 521	A	C			457	71
1 423	A	C	Perforaciones pequenas, zona 1	1	453	63
1 411	A	P	Arqueadura	1	452	74
1 131	A	C			464	71
1 211	R	C			464	71
1 523	R	C	Nudo atacado por hongos xilofagos	2	461	62
1 331	R	C			467	75
1 434	A	F	Arqueadura	1	472	69
1 114	R	C			473	74
1 132	A	C			475	77
1 512	R	P	Arqueadura	1	476	80
1 431	A	C			476	92
1 432	A	C			484	73
1 213	R	C	Perforaciones pequenas, zona 3	1	495	83
1 122	A	C			497	74
1 312	A	C			491	69
1 511	R	C	Perforaciones pequenas, zona 2	1	494	77
1 121	A	C			502	90
1 333	R	C			503	1 22
1 514	A	C			512	67
1 412	A	C			512	72
1 513	R	C	Nudo sano, zona 2	1	526	52

Tabla D 6
(continuación)

FORMA DE FALLA Y SU RELACION CON LOS DEFECTOS OBSERVADOS EN LAS VIGAS DE
TURNILLO (Cedrelinga catenaeformis) ENSAYADAS EN CONDICION SELA AL AIKE

Viga	C	F	Defectos causantes de la falla	m	MUR	FC
11111	A	C			566	67
11211	R	T	Fallas de compresión presentes antes del ensayo	2	571	65
11112	A	T			572	62
1 812	R	P			581	31
1 217	A	T			597	69
1 616	R	T	Grano inclinado, zona 8	2	577	23
1 217	R	T	Perforaciones pequeñas, zona 8	2	607	51
11216	R	T			603	65
1 618	R	C			610	1 00
1 717	A	T			611	32
1 916	R	C			612	32
1 719	R	C	Duramen quebradizo	2	614	33
1 612	R	T	Grano inclinado, zona 8	2	624	64
11018	R	T			626	61
1 714	A	T			626	80
11017	R	T	Grano inclinado, zona 8	1	643	71
1 715	R	T			651	74
1 711	R	T			664	72
1 918	A	T			672	91
11015	A	C			677	75
1 814	R	T			683	70
11212	A	T			687	61
1 817	A	T			628	81
1 713	R	T	Ataque de hongos xilofagos, zonas 7 y 8	2	690	78
1 712	R	T	Ataque de hongos xilofagos, zona 8	2	672	24
1 716	A	T			741	76
11012	A	T			757	80

Tabla D 7
(Continuación)

FURMA DE FALLA Y SU RELACION CON LOS DEFECTOS UL-ERVADOS EN LAS VIGAS DE MANCHINGA (*Erismum oleatum*) ENAYADA EN LONDICION SELA AL AIRE

Viga	C	F	Defectos causantes de la falla	m	MOR	FC
4 857	R	T	Nudo hueco, zona 5	2	555	54
4 222	R	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	2	525	55
4 214	R	T	Perforaciones pequeñas, zona 5	1	577	62
4 244	A	T	Perforaciones pequeñas, zona 8	1	577	61
4 124	R	T			613	77
4 71	R	T	Grano inclinado, zona 5	2	617	57
4 612	R	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	2	620	56
4 712	R	T	Perforaciones pequeñas, zona 8	2	620	68
4 471	R	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	2	620	37
4 722	R	T	Perforaciones pequeñas, zona 8	2	641	71
4 272	R	C	Nudo hueco, zona 1	2	645	67
4 222	R	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	2	646	67
4 254	R	T	Grano inclinado, zona 5	1	650	75
4 611	R	C			650	71
4 621	R	T	Perforaciones pequeñas, zona 2	1	656	66
4 724	R	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	2	672	66
4 554	R	T			676	66
4 615	R	C			681	66
4 312	R	T	Grano inclinado, zona 3	1	681	74
4 224	R	T			682	67
4 727	R	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	2	682	56
4 620	R	T			682	66
4 514	R	T			683	57
4 614	R	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	1	683	67
4 531	A	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	1	677	65
4 714	A	C			678	66
4 131	A	T	Grano inclinado, zona 8	1	710	67
4 724	R	T	Perforaciones pequeñas, zona 7	2	714	59
4 121	R	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	2	727	64
4 611	A	C			727	65
4 733	A	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	1	736	67
4 114	A	T	Escamadura, canto en tracción	1	736	70
4 727	A	C			736	72
4 202	R	C	Perforaciones pequeñas, zona 2	2	746	65
4 513	R	T			747	57
4 710	A	C			750	70

Tabla D 8

FORMA DE FALLA Y SU RELACION CON LOS DEFECTOS OBSERVADOS EN LAS VIGAS DE ESTORAQUE (*Myroxylon peruvianum*) ENSAYADAS EN CONDICION SECA AL AIRE

Viga	C	F	Defectos causantes de la falla	m	MOR	FL
5 122	R	T	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	150	07
5 431	R	T	Nudo sano, zona 8	2	312	21
5 311	R	T	Medula	2	410	25
5 533	R	T	Medula	2	424	24
5 132	R	C	Medula	2	507	30
5 403	R	F	Arqueadura	1	528	30
5 637	R	T	Ataque de hongos xilotagos, zona 3	2	544	33
5 113	R	T	Fallas de compresion presentes antes del ensayo	2	560	35
5 614	R	T	Medula Grano inclinado, zona 8	2	573	43
5 312	R	T	Grano inclinado, zona 8	2	574	34
5 232	R	T	Grano inclinado, zona 7	2	676	40
5 721	R	T	Perforaciones pequenas, zona 8	2	682	49
5 111	R	T	Grano inclinado, zona 8	2	723	43
5 722	R	P			728	47
5 121	R	T			733	45
5 711	R	P			755	50
5 513	R	P	Arqueadura	2	772	43
5 414	A	T	Grano inclinado, zona 8	1	776	42
5 733	R	T	Grano inclinado, zona 9	1	903	54
5 321	R	T	Perforaciones grandes y ataque de hongos xilofagos, zona 8	2	605	65
5 432	R	C	Perforaciones pequenas, zonas 1 y 2	2	826	52
5 511	A	C	Escamadura	1	838	48
5 123	R	T			843	50
5 531	R	T	Perforaciones grandes, zona 8	2	863	54
5 732	R	P			893	59
5 712	A	P	Arqueadura	1	885	61
5 623	A	P			894	60
5 534	A	P	Arqueadura	1	927	68
5 331	R	T	Grano inclinado, zona 8	2	737	65
5 131	R	T	Perforaciones pequenas, zona 8	2	945	58
5 631	R	P			956	73
5 514	R	P	Arqueadura	1	971	61
5 124	R	T			983	64
5 622	R	C			982	67

APENDICE E

TABLAS RELATIVAS A LA INFLUENCIA DE DEFECTOS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS

Se presentan en este apéndice dos grupos de tablas. Las tablas E 1 a E.24 consideran la influencia de los defectos más importantes en el módulo de rotura (MOR) y el módulo de elasticidad (MOE), separadamente para cada especie y cada condición de ensayo. Las tablas E.25 a E 48 se refieren a la influencia de los mismos defectos en el Factor de Calidad (MOR vigas/MOR probetas) y el cociente MOE vigas/MOE probetas, para las vigas ensayadas en condición verde y en condición seca y para el conjunto de todas las vigas ensayadas.

En cada tabla se comparan resultados obtenidos para el conjunto de todas las vigas ensayadas, para las vigas aceptadas según la Regla de Clasificación V1 usual y para las vigas rechazadas. En cada caso se consideran las vigas que no presentaron el defecto estudiado, aquellas con el defecto en grado aceptable y las vigas que tuvieron el defecto en grado no aceptable.

Si bien en cada uno de los grupos comparados se tienen vigas con otros defectos, en diversos grados de magnitud o extensión, puede suponerse que la frecuencia de estos otros defectos es similar en los diversos grupos comparados.

En algunas tablas se consideran defectos en una zona de la viga. Las zonas mencionadas son las descritas en el apéndice B.

Los valores de MOR y MOE que se presentan en las tablas E.1 a E 24 son promedios. Dado que en algunos casos los resultados corresponden a muy pocas vigas, pudiendo ser no representativos, se han indicado con * los valores correspondientes a una sola viga y con ~ los promedios de menos de 5 vigas.

Las tablas E 25 a E.48 presentan promedios y valores mínimos de los factores de calidad y los cocientes MOE vigas/MOE probetas. Las columnas n indican el número de vigas en cada grupo.

TABLA E 2 - EFECTO DEL DURAMEN QUEBRADIZO EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto del Duramen Quebradizo en el MODULO DE ROTURA, MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s	s	s
Vigas sin duramen quebradizo	298	340	381	410	426	527	652	995
Vigas con duramen quebradizo	203	313*				616*	662	535
Vigas aceptadas por Regla de Clasificacion	402	467	445	492	426	605	775	1029
Vigas rechazadas solo por duramen quebradizo							837*	
Vigas rechazadas sin duramen quebradizo	251	276	317	361	412	491	607	913
Vigas con duramen quebradizo en combinacion con otros defectos no aceptables	203	313*				616*	616	535
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con duramen quebradizo	236					616*	825	

B Efecto del Duramen Quebradizo en el MODULO DE ELASTICIDAD, MOE (t/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s	s	s
Vigas sin duramen quebradizo	75 7	97 3	75 3	79 7	73 0	110	135	170
Vigas con duramen quebradizo	57 1	70 9*				108 *	135	155
Vigas aceptadas por Regla de Clasificacion	87 5	95 7	82 3	83 2	73 5	114	141	201
Vigas rechazadas solo por duramen quebradizo							146 *	
Vigas rechazadas sin duramen quebradizo	70 3	83 1	68 3	78 4	72 3	103	133	133
Vigas con duramen quebradizo en combinacion con otros defectos no aceptables	57 1	70 9*				108 *	132	155

TABLA E 4 - EFECTO DEL GRANO INCLINADO EN CUALQUIER ZONA SOBRE LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto del Grano inclinado en cualquier zona en el MODULO DE ROTURA, MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Ternillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Vigas sin grano inclinado en cualquier zona	272	247	345	377	434	561	701	1071
Vigas con grano inclinado aceptable	317	275	400	451	427	577	676	947
Vigas con grano inclinado no aceptable	217	253	147	376	4056	473	607	513
Vigas aceptadas y sin grano inclinado	374	475	477	470	447	597	776	1110
Vigas aceptadas con grano inclinado	407	464	433	476	415	637	775	1054
Vigas rechazadas solo por grano inclinado		427	275	457	427	537	723	975
Vigas rechazadas sin grano inclinado	241	269	173	356	404	453	626	793
Vigas rechazadas con grano inclinado aceptable	267	202	227	400	500	510	619	714
V rechazadas por grano inclinado y otros def	217	213	270	305	275	450	560	747
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con								
a) grano inclinado aceptable	225	425	410	475	414	526	725	1074
b) grano inclinado no aceptable	102	171	284	302	275	470	483	777

B Efecto del Grano inclinado en cualquier zona en el MODULO DE FLASTICIDAD, MOE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Ternillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Vigas sin grano inclinado en cualquier zona	78 0	87 5	72 7	74 6	75 2	111	147	202
Vigas con grano inclinado aceptable	75 5	87 5	77 3	85 4	71 5	117	136	172
Vigas con grano inclinado no aceptable	60 2	77 2	70 2	74 8	82 5	107	130	172
Vigas aceptadas y sin grano inclinado	70 6	77 6	82 6	83 1	75 3	111	145	201
Vigas aceptadas con grano inclinado	84 4	94 1	82 2	82 3	70 2	122	137	200
Vigas rechazadas solo por grano inclinado		71 7	71 7	75 0	87 3	110	139	173
Vigas rechazadas sin grano inclinado	71 5	85 0	60 2	74 5	74 2	110	142	200
Vigas rechazadas con grano inclinado aceptable	70 7	85 2	67 7	82 0	73 7	112	134	171
V rechazadas por grano inclinado y otros def	60 2	77 6	67 5	74 5	87 7	104	127	175

TAFLA E 4 - EFECTO DE NUDOS SANOS EN LA ZONA 6 EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto de Nudos sanos en la zona 6 en el MODULO DE ROTURA MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Turnillo		Manchunga	Estoraque	
	v	s	v	s	v	s		s	s
Vigas sin nudos sanos en zona 6	225	340	366	424	427	525	655	752	
Vigas con nudos sanos aceptables	336		465		377*	527	727*	1102*	
Vigas con nudos sanos no aceptables		321	78*	210		70	622*	123	
Vigas aceptadas y sin nudos sanos	323	467	450	472	437	612	775	1027	
Vigas aceptadas con nudos sanos	405		369		377*	547*			
Vigas rechazadas sin nudos sanos	247	277	124	177	412	475	615	877	
Vigas rechazadas con nudos sanos aceptables	138*					526	67*	1107*	
V rechazadas por nudos sanos y otros def		220	72*	216		370	752*	134	
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa a) con nudos sanos aceptables								1102*	
b) con nudos sanos no aceptables				47*				123	

B Efecto de Nudos sanos en la zona 6 en el MODULO DE ELASTICIDAD, MOE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Turnillo		Manchunga	Estoraque	
	v	s	v	s	v	s		s	s
Vigas sin nudos sanos en zona 6	71.7	87.0	76.1	77.8	71.1	111	105	157	
Vigas con nudos sanos aceptables	79.5		72.4		96.2*	111	105*	206*	
Vigas con nudos sanos no aceptables		90.7	22.4*	79.1		92.0	140*	147*	
Vigas aceptadas y sin nudos sanos	85.6	75.7	83.0	83.2	70.8	114	141	201	
Vigas aceptadas con nudos sanos	94.9		72.4		87.2*	106*			
Vigas rechazadas sin nudos sanos	67.7	82.6	69.4	73.5	72.2	110	131	177	
Vigas rechazadas con nudos sanos aceptables	45.7*					112	105*	207*	
V rechazadas por nudos sanos y otros def		70.7	32.4*	77.1		82.0	140*	147*	

TAOLA E 2 - EFECTO DE NUDOS HUECOS EN ZONA 2 EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LA VIGA

A Efecto de Nudos huecos en la zona 2 en el MODULO DE ROTURA, MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque	
	v	s	v	s	v	s		s	s
Vigas sin nudos huecos en zona 2	270	346	381	410	425	520	655	742	
Vigas con nudos huecos aceptables	212*	227			479*	548		1072*	
Vigas con nudos huecos no aceptables	257*	137*				270*	232*		
Vigas aceptadas y sin nudos huecos	402	469	445	492	457	604	775	1033	
Vigas aceptadas con nudos huecos						672*		1072*	
Vigas rechazadas sin nudos huecos	241	292	317	381	410	500	616	664	
Vigas rechazadas con nudos huecos aceptables	213*	223			479*	424*			
V rechazadas por nudos huecos y otros def	257*	137*				70*	232*		
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con nudos huecos aceptables en zona 2					467*				

B Efecto de Nudos huecos en la zona 2 en el MODULO DE ELASTICIDAD, MUE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque	
	v	s	v	s	v	s		s	s
Vigas sin nudos huecos en zona 2	74.4	97.9	75	77.7	92.9	110	105	147	
Vigas con nudos huecos aceptables	67.3*	67.7			93.2*	110		202*	
Vigas con nudos huecos no aceptables	66.8*	67.5*				77.1*	121*		
Vigas aceptadas y sin nudos huecos	87.5	95.7	82.3	83.4	93.9	114	141	200	
Vigas aceptadas con nudos huecos						109.3		208*	
Vigas rechazadas sin nudos huecos	63.7	62.8	63.3	73.4	72.1	103	121	170	
Vigas rechazadas con nudos huecos aceptables	67.8*	67.7			93.9*	111*			
V rechazadas por nudos huecos	66.7	67.5*				77.1*	121*		

TABLA E 10 - EFECTO DE NUDOS HUECOS EN ZONAS 4 Y 6 EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto de Nudos huecos en zonas 4 o 6 en el MODULO DE ROTURA, MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Condicion								
Vigas sin nudos huecos en zonas 4 y 6	296	342	397	414	420	526	653	744
Vigas con nudos huecos aceptables	318	370	350*	385*	474*	605		738*
Vigas con nudos huecos no aceptables	205	281	145*	114*	467*	450		
Vigas aceptadas y sin nudos huecos	402	466	445	492	436	558	775	1097
Vigas aceptadas con nudos huecos		512 ^v				757*		
Vigas rechazadas sin nudos huecos	245	374	321	385	404	475	610	801
Vigas rechazadas con nudos huecos aceptables	315	404	358*	395*	474*	527		
V rechazadas por nudos huecos y otros def	205	281	145*	114*	467*	450		

B Efecto de Nudos huecos en zonas 4 o 6 en el MODULO DE ELASTICIDAD, MOE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Condicion								
Vigas sin nudos huecos en zonas 4 y 6	75 2	88 2	76 0	80 0	92 8	109	125	137
Vigas con nudos huecos aceptables	66 4 ^v	83 6	60 6*	74 3*	75 6*	127		154 *
Vigas con nudos huecos no aceptables	68 2	77 8	28 2*	65 3*	98 9*	107		
Vigas aceptadas y sin nudos huecos	97 5	76 0	92 3	93 2	73 5	112	141	201
Vigas aceptadas con nudos huecos		87 1				142 *		
Vigas rechazadas sin nudos huecos	69 1	83 7	69 7	73 9	71 5	105	132	177
Vigas rechazadas con nudos huecos aceptables	67 4	80 7	60 6*	74 3*	75 6*	120		154*
V rechazadas por nudos huecos y otros def	68 2	77 8	28 2*	65 3*	73 7*	107		

TABLA E 12 - EFECTO DE PERFORACIONES PEQUEÑAS EN ZONA 2 EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto de Perforaciones pequeñas en zona 2 en el MODULO DE ROTURA, MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Vigas sin perforaciones pequeñas en zona 2	207	227	292	41	427	525	627	741
Vigas con perforaciones pequeñas aceptables	216	277	277	376	416	525	664	1011
V con perforaciones pequeñas no aceptables	197	176	297	407			605	574
Vigas aceptadas y sin perforaciones pequeñas	402	472	445	472	435	612	734	1051
Vigas aceptadas con perforaciones pequeñas		460			441	575	727	1145
V rechazadas solo por perforaciones pequeñas			277*				622	
Vigas rechazadas sin perforaciones pequeñas	257	04	124	170	414	475	607	257
V rechazadas con perf pequeñas aceptables	216	227	277	376	404	504	717	711
V rechazadas por perf pequeñas y otras def	197	176	277	405			605	574
Vigas cuya forma de falla tuvo una relación directa con								
a) perf pequeñas aceptables		543*	306*		474*		751	
b) perf pequeñas no aceptables	277*		215	456			671	757

C Efecto de Perforaciones pequeñas en zona 2 en el MODULO DE ELASTICIDAD, MOE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Vigas sin perforaciones pequeñas en zona 2	74.9	57.7	75.2	77.9	77.5	110	116	126
Vigas con perforaciones pequeñas aceptables	64.7	37.0	61	31.4	70.7	106	135	177
V con perforaciones pequeñas no aceptables	72.6	75.0	61.9	76.4			105	175
Vigas aceptadas y sin perforaciones pequeñas	57.5	76	52	33.2	74.2	115	142	200
Vigas aceptadas con perforaciones pequeñas		7			67.0	105	141	207
V rechazadas solo por perforaciones pequeñas			55.4*				127	
Vigas rechazadas sin perforaciones pequeñas	69.2	52.7	76.0	76.1	77.4	107	111	175
V rechazadas con perf pequeñas aceptables	74.7	74.6	61.5	71.4	71	10	112	171
V rechazadas por perf pequeñas y otras def	72.7	77.0	61.0	77.4			104	175

TABLA E 14 - EFECTO DE PERFORACIONES PEQUEÑAS EN ZONAS 4 Y 6 EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto de Perforaciones pequeñas en zonas 4 o 6 en el MODULO DE ROTURA, MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Cataluña		Ternillo		Manchunga	Estoraque	
	v	s	v	s	v	s	s	s	s
V sin perforaciones pequeñas en zonas 4 y 6	311	275	272	412	427	526	240		244
Vigas con perforaciones pequeñas aceptables	211	299	205	454	271	540	282		1007
V con perforaciones pequeñas no aceptables	177	211	707	352		520	520		374
Vigas aceptadas y sin perforaciones pequeñas	405	481	447	491	427	612	755		1037
Vigas aceptadas con perforaciones pequeñas	367*	424	404*	474	422	532*	730		1107*
Vigas rechazadas sin perforaciones pequeñas	222	114	724	72	405	470	572		272
V rechazadas con perf pequeñas aceptables	125	201	237	422	725	517	240		671*
V rechazadas por perf pequeñas y otros def	177	211	707	5		50	570		274
Vigas cuya forma de falla tuvo una relación directa con perf pequeñas no aceptables		241*		11*					

C Efecto de Perforaciones pequeñas en zonas 4 o 6 en el MODULO DE FLASTILIDAD, MOE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Cataluña		Ternillo		Manchunga	Estoraque	
	v	s	v	s	v	s	s	s	s
V sin perforaciones pequeñas en zonas 4 y 6	740	870	750	780	707	110	174		177
Vigas con perforaciones pequeñas aceptables	767	831	236	714	706	112	177		134
V con perforaciones pequeñas no aceptables	727	828	248	742		107	120		137
Vigas aceptadas y sin perforaciones pequeñas	865	920	230	777	724	112	142		200
Vigas aceptadas con perforaciones pequeñas	822*	102	528*	772	717	120	141		217*
Vigas rechazadas sin perforaciones pequeñas	677	877	264	777	741	107	121		130
V rechazadas con perf pequeñas aceptables	205	207	701	867	85	108	174		150*
V rechazadas por perf pequeñas y otros def	722	87	74	71		107	120		172

TABLA E 16 - EFECTO DE PERFORACIONES GRANDES EN ZONA 8 EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto de Perforaciones grandes en zona 8 en el MODULO DE ROTURA, MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Vigas sin perforaciones grandes en zona 8	287	342	381	414	424	528	661	724
Vigas con perforaciones grandes aceptables		241*		269~	452~	610~		1120
V con perforaciones grandes no aceptables		295*			418	357	415	1022
Vigas aceptadas y sin perforaciones grandes	402	467	445	472	476	603	775	1037
Vigas aceptadas con perforaciones grandes					416*			1105
V rechazadas solo por perforaciones grandes		295*						
Vigas rechazadas sin perforaciones grandes	244	277	317	385	404	487	622	817
V rechazadas con perf grandes aceptables		241*		263	464	610~		1215
V rechazadas por perf grandes y otros def					418	357	415	1022
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con								
a) perf grandes aceptables					416*			
b) perf grandes no aceptables		295*			367*		450*	814~

E Efecto de Perforaciones grandes en zona 8 en el MODULO DE ELASTICIDAD, MOE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Vigas sin perforaciones grandes en zona 8	74,1	36,5	75,3	30,0	72,7	111	105	135
Vigas con perforaciones grandes aceptables		75,5*		71,4	75,5	115		216
V con perforaciones grandes no aceptables		77,7*			70,0	81,6	117	190~
Vigas aceptadas y sin perforaciones grandes	87,5	75,7	92,0	87,2	73,7	114	141	177
Vigas aceptadas con perforaciones grandes					71,7*			213
V rechazadas solo por perforaciones grandes		97,7*						
Vigas rechazadas sin perforaciones grandes	63,7	32,0	60	73,3	71,3	110	100	177
V rechazadas con perf grandes aceptables		75,5*		71,4	76,7	115		214
V rechazadas por perf grandes y otros def					70,0~	81,6	117	190

TAOLA E 19 - EFECTO DE ATAQUE DE HONGOS EN ZONA 2 EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto de Hongos en zona 2 en el MODULO DE ROTURA, MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Vigas sin hongos en zona 2	295	352	277	412	420	529	642	747
Vigas con hongos aceptables	204	241	418	418	251	231	667	1002
Vigas con hongos no aceptables	244	177		22	427	557*	501	557
Vigas aceptadas y sin hongos	276	475	445	487	425	604	772	1039
Vigas aceptadas con hongos	414	444		524*	555*	672*	777	1072
Vigas rechazadas sin hongos	217	296	206	26	422	425	622	757
Vigas rechazadas con hongos aceptables	274	292	418	377	243	670*	707	722
Vigas rechazadas por hongos y otros defectos	244	177		22	427	557*	501	557
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con hongos no aceptables		127*		247*		469*		

B Efecto de Hongos en zona 2 en el MODULO DE ELASTICIDAD, MOE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Vigas sin hongos en zona 2	73.2	87.7	74.8	77.1	97.7	110	105	127
Vigas con hongos aceptables	75.7	97.2	85.7	83.7	81.4	122	105	157
Vigas con hongos no aceptables	63.6	72.4		70.6	102	84.7*	104	122
Vigas aceptadas y sin hongos	67.2	95.7	82.2	81.6	73.4	114	145	177
Vigas aceptadas con hongos	82.1	94.9		117*	97.5*	107*	137	211
Vigas rechazadas sin hongos	64.5	83.6	66.5	73.4	72.7	103	100	177
Vigas rechazadas con hongos aceptables	74.2	86.1	85.5	82.7	76.4	115*	100	161
Vigas rechazadas por hongos y otros defectos	63.6	72.4		70.6	102	84.7*	104	122

TABLA E 20 - EFECTO DE ATAQUE DE HONGOS EN ZONAS 4 Y 6 EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto de Hongos en zonas 4 o 6 en el MODULO DE ROTURA MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Condicion								
Vigas sin hongos en zonas 4 y 6	331	345	387	422	426	514	447	752
Vigas con hongos aceptables	271	325	403	372	369		480	776
Vigas con hongos no aceptables	175	290	165*	222	460	672*	427	772
Vigas aceptadas y sin hongos	375	474	445	475	436	603	821	1037
Vigas aceptadas con hongos	428	461		407*	412		764	
Vigas rechazadas solo por hongos	213*							737*
Vigas rechazadas sin hongos	104	273	109	75	410	487	420	865
Vigas rechazadas con hongos aceptables	227	267	40	302	377		412	776
Vigas rechazadas por hongos y otros def	171	270	165	222	460	672*	427	756*

C Efecto de Hongos en zonas 4 o 6 en el MODULO DE ELASTICIDAD, MOE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Condicion								
Vigas sin hongos en zonas 4 y 6	77.2	88.4	75.7	90.0	77.0	107	134	187
Vigas con hongos aceptables	74.7	90.6	77.3	90.4	87.7		126	178
Vigas con hongos no aceptables	65.1	76.1	28.2*	77.2	96.2	112*	103	135
Vigas aceptadas y sin hongos	79.6	96.4	92.3	91.6	73.5	114	151	201
Vigas aceptadas con hongos	96.3	94.6		112*	94.7		179	
Vigas rechazadas solo por hongos	67.9*							194*
Vigas rechazadas sin hongos	76.3	84.0	68.5	79.4	72.1	107	132	173
Vigas rechazadas con hongos aceptables	65.2	86.6	77.3	87.7	86.7		134	173
Vigas rechazadas por hongos y otros def	64.2	76.1	28.2*	77.2	76.2	112*	111	172*

TABLA E 22 - EFECTO DE LAS GRIETAS DE SECADO EN ZONAS 4 Y 6 EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto de las Grietas en zonas 4 o 6 en el MODULO DE ROTURA, MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tonillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Vigas sin grietas en zonas 4 y 6	287	277	221	414	427	525	657	752
Vigas con grietas aceptables		270*		274	355		617*	645
Vigas con grietas no aceptables				114*	427*		714*	
Vigas aceptadas y sin grietas	402	466	445	472	427	605	775	1054
Vigas aceptadas con grietas		500			225*			1174*
Vigas rechazadas sin grietas	244	277	217	4	410	475	112	774
Vigas rechazadas con grietas aceptables		277		744	175*		617*	772
V rechazadas por grietas y otros defectos				114*	477*		714*	

F Efecto de las Grietas en zonas 4 o 6 en el MODULO DE ELASTICIDAD, MOE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tonillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s		
Vigas sin grietas en zonas 4 y 6	74 1	37 0	75 2	77 2	72 2	110	115	133
Vigas con grietas aceptables		62 5		75 2	64 8		122 *	175
Vigas con grietas no aceptables				32 2*	72 2*		161 *	
Vigas aceptadas y sin grietas	67 5	95 7	62 2	60 2	74 5	114	141	200
Vigas aceptadas con grietas		75 7			64 6*			203 *
Vigas rechazadas sin grietas	65 7	33 0	65 7	77 7	71 4	108	112	161
Vigas rechazadas con grietas aceptables		31 0		75 7	105 *		122 *	167
V rechazadas por grietas y otros defectos				67 7*	77 7*		161 *	

TABLA E 24 - EFECTO DE ESCAMADURA EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE LAS VIGAS

A Efecto de la Escamadura en el MODULO DE ROTURA, MOR (kg/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s	s	s
Vigas sin escamadura	287	347	333	418	428	519	658	775
Vigas con escamadura aceptable	367*	275	212*	415	331*	570	645	667
Vigas con escamadura no aceptable		707	207	411	385*		257*	728*
Vigas aceptadas y sin escamadura	405	472	472	432	426	607	777	1102
Vigas aceptadas con escamadura	367*	470				605	706	779
Vigas rechazadas solo por escamadura		367*						
Vigas rechazadas sin escamadura	245	275	325	389	417	487	615	700
Vigas rechazadas con escamadura aceptable		205	212*	415	331*	547	615	475
V rechazadas por escamadura y otros defectos		302	207	411	385*		257*	728*
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con								
a) escamadura aceptable							706*	503*
b) escamadura no aceptable		304	165	114	85		257*	

B Efecto de la Escamadura en el MODULO DE ELASTICIDAD, MOE (ton/cm²)

Especie	Marupa		Catahua		Tornillo		Manchinga	Estoraque
	v	s	v	s	v	s	s	s
Vigas sin escamadura	70 5	87 1	76 6	79 6	92 8	109	105	153
Vigas con escamadura aceptable	93 2*	90 4	75 0*	77 7	74 1*	114	104	130
Vigas con escamadura no aceptable		34 9	42 5	85 8	105 *	113 *	122*	176 *
Vigas aceptadas y sin escamadura	86 3	75 0	82 3	33 2	97 6	116 *	142	192
Vigas aceptadas con escamadura	93 2*	100			97 7		107	214
Vigas rechazadas solo por escamadura		106 *						
Vigas rechazadas sin escamadura	68 7	83 2	70 6	78 1	71 6	107	100	151*
Vigas rechazadas con escamadura aceptable		90 3	75 0*	77 7	74 1*	113	102	143
V rechazadas por escamadura y otros defectos		81 2	42 5	85 8	105 *		122 *	176 *

TABLA E 26 - EFECTO DEL DURAMEN QUEBRADIZO EN LA RELACION ENTRE PROPIEDADES MECANICAS DE VIGAS Y FROIEFTAS

A Efecto del Duramen quebradizo en el Factor de Calidad (relacion MOR vigas / MOR probetas)

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin duramen quebradizo	145	72	13	351	61	06	475	65	07
Vigas con duramen quebradizo	2	56	27	17	51	07	15	52	07
Vigas aceptadas por Regla de Clasificacion	73	77	54	103	72	43	131	74	41
Vigas rechazadas solo por duramen quebradizo				1	62	62	1	62	62
Vigas rechazadas sin duramen quebradizo	72	63	13	242	57	06	315	57	06
Vigas con duramen quebradizo en combinacion con otros defectos no aceptables	2	56	27	12	47	07	14	50	07
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con duramen quebradizo	2	56	27	3	61	72	3	71	72

B Efecto del Duramen quebradizo en la relacion R = MOE vigas / MOE probetas

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin duramen quebradizo	145	75	33	351	77	42	475	73	31
Vigas con duramen quebradizo	2	66	74	17	92	67	15	77	67
Vigas aceptadas por Regla de Clasificacion	73	73	53	103	1 03	66	131	1 01	53
Vigas rechazadas solo por duramen quebradizo				1	1 07	1 07	1	1 07	1 07
Vigas rechazadas sin duramen quebradizo	72	72	33	242	77	42	315	76	33
Vigas con duramen quebradizo en combinacion con otros defectos no aceptables	2	66	74	12	73	67	14	76	67

TABLA E 22 - EFECTO DEL GRANO INCLINADO EN CUALQUIER ZONA EN LA RELACION DE PROPIEDADES DE VIGAS Y PROBETAS

A Efecto del Grano inclinado en cualquier zona en el Factor de Calidad (MOE vigas / MOE probetas)

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin grano inclinado en cualquier zona	52	67	15	102	64	17	154	65	15
Vigas con grano inclinado aceptable	61	50	10	109	64	21	172	70	21
Vigas con grano inclinado no aceptable	22	67	23	157	57	06	155	57	06
Vigas aceptadas y sin grano inclinado	71	74	56	54	71	4	85	72	45
Vigas aceptadas con grano inclinado	42	32	54	54	72	41	76	76	41
Vigas rechazadas solo por grano inclinado	12	77	51	64	65	17	76	67	17
Vigas rechazadas sin grano inclinado	21	61	14	45	55	17	77	57	17
Vigas rechazadas con grano inclinado aceptable	21	76	17	55	57	21	76	62	21
V rechazadas por grano inclinado y otros det	20	61	17	57	51	06	107	55	17
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con									
a) grano inclinado aceptable	12	50	50	32	70	41	44	72	41
b) grano inclinado no aceptable	7	56	10	40	51	06	45	52	06

C Efecto del Grano inclinado en cualquier zona en la relacion R = MOE vigas / MOE probetas

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin grano inclinado en cualquier zona	52	74	42	102	1 01	42	154	77	42
Vigas con grano inclinado aceptable	63	77	32	107	75	64	172	75	32
Vigas con grano inclinado no aceptable	22	67	57	151	97	47	155	75	47
Vigas aceptadas y sin grano inclinado	71	96	62	54	1 06	71	85	1 02	62
Vigas aceptadas con grano inclinado	42	1 00	57	54	1 00	77	76	1 00	57
Vigas rechazadas solo por grano inclinado	12	74	72	64	77	47	76	77	47
Vigas rechazadas sin grano inclinado	21	77	47	45	97	42	77	76	47
Vigas rechazadas con grano inclinado aceptable	21	76	13	55	77	77	76	76	13
V rechazadas por grano inclinado y otros det	20	76	62	57	77	47	107	75	47

TALLA E 30 - EFECTO DE NUDOS SANOS EN LA ZONA E EN LA RELACION DE FORTITUDES DE VIGAS Y PROBETAS

A Efecto de Nudos sanos en la zona S en el Factor de Calidad (relacion MOR vigas / MOR probetas)

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin nudos sanos en la zona E	141	73	16	445	62	07	426	65	07
Vigas con nudos sanos aceptables	5	92	59	8	65	37	10	72	17
Vigas con nudos sanos no aceptables	1	18	10	11	08	06	12	07	06
Vigas aceptadas y sin nudos sanos	69	73	54	107	71	42	175	74	43
Vigas aceptadas con nudos sanos	5	80	50	1	79	79	6	27	50
Vigas rechazadas sin nudos sanos	73	65	16	238	57	07	311	60	07
Vigas rechazadas con nudos sanos aceptables				7	61	07	7	60	07
V rechazadas por nudos sanos y otros defectos	1	10	10	11	20	06	12	07	06
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con									
a) nudos sanos aceptables				1	60	60	1	60	60
b) nudos sanos no aceptables				2	42	21	2	42	21

B Efecto de Nudos sanos en la zona B en la relacion R = MOE vigas / MOE probetas

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin nudos sanos en la zona B	141	95	38	445	79	42	486	78	08
Vigas con nudos sanos aceptables	5	72	65	8	100	73	13	79	65
Vigas con nudos sanos no aceptables	1	50	50	11	71	52	12	82	50
Vigas aceptadas y sin nudos sanos	69	78	59	107	102	66	175	101	59
Vigas aceptadas con nudos sanos	5	78	65	1	115	115	6	101	65
Vigas rechazadas sin nudos sanos	73	73	05	238	77	42	311	76	06
Vigas rechazadas con nudos sanos aceptables				7	77	77	7	77	77
V rechazadas por nudos sanos y otros defectos	1	50	50	11	71	52	12	82	50

TAILLA E 32 - EFECTO DE NUDOS HUECOS EN LA ZONA 2 EN LA RELACION DE PROPIEDADES DE VIGAS Y PROJETAS

A Efecto de Nudos huecos en la zona 2 en el Factor de Calidad (relacion MOR vigas / MOR probetas)

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin nudos huecos en zona 2	145	72	13	356	61	06	501	45	06
Vigas con nudos huecos aceptables	1	61	63	5	51	20	7	51	20
Vigas con nudos huecos no aceptables	1	52	52	3	42	52	4	42	52
Vigas aceptadas y sin nudos huecos	73	77	54	106	72	41	177	74	41
Vigas aceptadas con nudos huecos				2	72	64	2	72	64
Vigas rechazadas sin nudos huecos	72	68	12	250	57	06	322	57	06
Vigas rechazadas con nudos huecos aceptables	1	65	63	3	57	20	4	44	20
V rechazadas por nudos huecos y otros defectus	1	52	52	1	42	52	4	42	52
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con nudos huecos aceptables en zona 2	1	63	63				1	63	63

I Efecto de Nudos huecos en la zona 2 en la relacion R = MOE vigas / MOE probetas

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin nudos huecos en zona 2	145	75	39	256	77	42	501	92	12
Vigas con nudos huecos aceptables	1	86	86	5	90	77	7	72	77
Vigas con nudos huecos no aceptables	1	95	95	3	70	77	4	57	77
Vigas aceptadas y sin nudos huecos	73	76	52	106	1 00	66	177	1 01	52
Vigas aceptadas con nudos huecos				2	1 05	77	2	1 05	77
Vigas rechazadas sin nudos huecos	72	72	02	250	97	42	322	76	02
Vigas rechazadas con nudos huecos aceptables	1	86	16	3	84	77	4	85	77
V rechazadas por nudos huecos y otros defectus	1	85	85	1	90	77	4	87	77

TABLA E 04 - EFECTO DE NUDOS HUECOS EN ZONAS 4 Y 6 EN LA RELACION DE FORTALEZA DE VIGAS Y PROLETAS

A Efecto de Nudos huecos en zonas 4 o 6 en el Factor de Calidad (relacion MUR vigas / MUR proletas)

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin nudos huecos en zonas 4 y 6	140	74	18	46	62	06	426	65	06
Vigas con nudos huecos aceptables	2	97	77	10	70	23	12	66	21
Vigas con nudos huecos no aceptables	4	44	17	3	44	14	12	44	14
Vigas aceptadas y sin nudos huecos	72	77	54	105	71	43	172	74	45
Vigas aceptadas con nudos huecos				2	76	71	3	76	71
Vigas rechazadas sin nudos huecos	67	67	18	241	57	06	309	60	06
Vigas rechazadas con nudos huecos aceptables	2	97	79	7	51	1	10	62	21
V rechazadas por nudos huecos y otros def	4	44	17	3	44	14	12	44	14

B Efecto de Nudos huecos en zonas 4 o 6 en la relacion R = MOE vigas / MOE proletas

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin nudos huecos en zonas 4 y 6	140	96	41	246	77	42	436	73	42
Vigas con nudos huecos aceptables	2	101	97	10	72	78	12	75	73
Vigas con nudos huecos no aceptables	4	70	53	3	33	64	12	92	11
Vigas aceptadas y sin nudos huecos	72	78	58	105	100	66	172	101	58
Vigas aceptadas con nudos huecos				2	79	71	3	79	71
Vigas rechazadas sin nudos huecos	67	92	41	241	97	42	309	96	42
Vigas rechazadas con nudos huecos aceptables	2	101	77	7	70	79	10	92	73
V rechazadas por nudos huecos y otros def	4	70	18	3	33	64	12	81	11

TABLA E 36 - EFECTO DE PERFORACIONES PEQUEÑAS EN LA ZONA 2 EN LA RELACION DE PROFUNDADES DE VIGAS Y PROBETAS

A Efecto de Perforaciones pequeñas en la zona 2 en el Factor de Calidad (MOR vigas / MOR probetas)

Condición de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			fijas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin perforaciones pequeñas en zona 2	127	74	17	277	61	06	360	66	06
Vigas con perforaciones pequeñas aceptables	12	73	21	72	61	17	104	61	17
Vigas con perforaciones pequeñas no aceptables	5	68	27	29	60	20	47	61	20
Vigas aceptadas y sin perforaciones pequeñas	70	72	54	22	71	42	152	75	43
Vigas aceptadas con perforaciones pequeñas	3	70	64	27	70	61	29	70	61
V rechazadas solo por perforaciones pequeñas	1	70	23	4	53	51	5	65	51
Vigas rechazadas sin perforaciones pequeñas	57	68	13	151	57	07	205	57	06
V rechazadas con perf pequeñas aceptables	2	68	23	66	56	17	75	77	17
V rechazadas por perf pequeñas y otros def	7	65	27	25	60	20	42	61	20
Vigas cuya forma de falla tuvo una relación directa con									
a) perf pequeñas aceptables	2	72	77	7	66	62	2	67	62
b) perf pequeñas no aceptables	5	79	67	18	65	42	21	68	42

B Efecto de Perforaciones pequeñas en la zona 2 en la relación $R = MOE \text{ vigas} / MOE \text{ probetas}$

Condición de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			fijas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin perforaciones pequeñas en zona 2	127	75	08	277	98	42	360	77	09
Vigas con perforaciones pequeñas aceptables	12	92	66	72	1 00	75	104	77	66
Vigas con perforaciones pequeñas no aceptables	5	1 06	77	29	77	65	47	79	68
Vigas aceptadas y sin perforaciones pequeñas	70	72	53	22	1 02	66	152	1 01	58
Vigas aceptadas con perforaciones pequeñas	3	95	62	26	1 00	88	29	1 01	82
V rechazadas solo por perforaciones pequeñas	1	1 22	1 22	4	72	20	5	75	30
Vigas rechazadas sin perforaciones pequeñas	57	70	13	151	76	41	205	74	13
V rechazadas con perf pequeñas aceptables	2	91	66	66	77	75	75	78	66
V rechazadas por perf pequeñas y otros def	7	1 04	77	5	78	65	42	79	68

TABLA E 32 - EFECTO DE PERFORACIONES PEQUEÑAS EN ZONAS 4 Y 6 EN LA RELACION DE PROPIEDADES DE VIGAS Y PROBETAS

A Efecto de Perforaciones pequeñas en zonas 4 y 6 en el Factor de Calidad (MOE vigas / MOE probetas)

Condición de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin perforaciones pequeñas en zona 4 y 6	117	75	18	224	61	06	141	66	06
Vigas con perforaciones pequeñas aceptables	23	75	20	101	74	17	124	64	17
Vigas con perforaciones pequeñas no aceptables	5	64	17	37	54	25	44	55	25
Vigas aceptadas y sin perforaciones pequeñas	11	80	54	74	70	40	117	75	42
Vigas aceptadas con perforaciones pequeñas	10	72	57	34	74	61	44	74	57
Vigas rechazadas sin perforaciones pequeñas	56	70	18	150	56	07	206	60	06
V rechazadas con perf pequeñas aceptables	11	60	20	47	57	17	50	57	17
V rechazadas por perf pequeñas y otros def	5	74	17	37	54	25	44	55	25
Vigas cuya forma de falla tuvo una relación directa con perforaciones pequeñas no aceptables				1	47	47	1	47	47

B Efecto de Perforaciones pequeñas en zonas 4 y 6 en la relación R = MOE vigas / MOE probetas

Condición de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin perforaciones pequeñas en zona 4 y 6	117	75	22	224	72	47	141	97	55
Vigas con perforaciones pequeñas aceptables	23	72	55	101	102	71	124	100	55
Vigas con perforaciones pequeñas no aceptables	5	107	51	37	75	71	44	76	71
Vigas aceptadas y sin perforaciones pequeñas	11	77	72	74	102	66	117	101	66
Vigas aceptadas con perforaciones pequeñas	10	72	55	34	104	77	44	101	55
Vigas rechazadas sin perforaciones pequeñas	56	90	52	150	96	42	206	74	42
V rechazadas con perf pequeñas aceptables	11	73	71	47	100	71	50	77	71
V rechazadas por perf pequeñas y otros def	5	107	51	37	75	71	44	76	71

TABLA E 40 - EFECTO DE PERFORACIONES GRANDES EN LA ZONA E EN LA RELACION DE PROPIEDADES DE VIGAS Y PROBETAS

A Efecto de Perforaciones grandes en la zona E en el Factor de Calidad (MOR vigas / MOR probetas)

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin perforaciones grandes en zona E	141	72	12	342	61	02	424	65	02
Vigas con perforaciones grandes aceptables	4	52	75	11	64	42	15	70	42
Vigas con perforaciones grandes no aceptables	2	63	61	10	57	7	12	60	66
Vigas aceptadas y sin perforaciones grandes	72	77	54	106	72	43	173	74	42
Vigas aceptadas con perforaciones grandes	1	90	80	2	77	67	2	72	67
V rechazadas solo por perforaciones grandes				1	52	52	1	52	52
Vigas rechazadas sin perforaciones grandes	67	77	13	207	52	02	202	57	02
V rechazadas con perf grandes aceptables	1	32	15	7	63	42	12	67	42
V rechazadas por perf grandes y otros def	2	63	61	3	52	72	11	60	66
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con									
a) perf grandes aceptables	1	65	65				1	65	65
b) perf grandes no aceptables	1	61	61	4	53	54	5	53	54

B Efecto de Perforaciones grandes en la zona E en la relacion R = MOE vigas / MOE probetas

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin perforaciones grandes en zona E	141	75	28	342	75	42	424	77	22
Vigas con perforaciones grandes aceptables	4	76	30	11	77	77	15	77	72
Vigas con perforaciones grandes no aceptables	2	20	66	10	1 04	64	12	1 00	66
Vigas aceptadas y sin perforaciones grandes	72	75	53	106	1 02	62	173	1 01	53
Vigas aceptadas con perforaciones grandes	1	1 01	1 01	2	1 12	1 07	2	1 11	1 01
V rechazadas solo por perforaciones grandes				1	1 02	1 03	1	1 03	1 03
Vigas rechazadas sin perforaciones grandes	67	-	-	7	77	47	202	72	22
V rechazadas con perf grandes aceptables	1	75	70	7	72	72	12	72	77
V rechazadas por perf grandes y otros def	2	30	67	3	1 04	54	11	77	66

TABLA E 42 - EFECTO DE ATAQUES DE HONGOS EN LA ZONA 2 EN LA RELACION DE PROPIEDADES DE VIGAS Y PROJETAS

A Efecto de Hongos en la zona 2 en el Factor de Calidad (MOR vigas / MOR probetas)

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin hongos en zona 2	125	71	53	277	61	66	402	65	66
Vigas con hongos aceptables	18	74	27	74	64	27	72	66	21
Vigas con hongos no aceptables	4	57	51	1	41	22	17	45	22
Vigas aceptadas y sin hongos	127	73	54	31	71	43	152	74	41
Vigas aceptadas con hongos	4	72	73	25	74	61	27	77	61
Vigas rechazadas sin hongos	56	67	13	174	57	66	250	60	66
V rechazadas con hongos aceptables	14	72	27	47	53	27	61	61	21
V rechazadas por hongos y otros defectos	4	57	51	1	41	22	17	45	22
Viga cuya forma de falla tuvo una relacion directa con hongos no aceptables	1	71	73	2	40	7	1	47	17

B Efecto de Hongos en la zona 2 en la relacion R = MOE vigas / MOE probetas

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin hongos en zona 2	125	75	53	277	73	42	402	77	53
Vigas con hongos aceptables	18	77	67	74	1 02	67	72	1 01	66
Vigas con hongos no aceptables	4	54	71	1	57	71	17	33	71
Vigas aceptadas y sin hongos	127	73	53	31	1 02	66	152	1 01	53
Vigas aceptadas con hongos	4	77	74	25	1 03	33	27	1 01	74
Vigas rechazadas sin hongos	56	71	13	174	76	41	250	75	13
V rechazadas con hongos aceptables	14	77	66	47	1 01	63	61	1 00	66
V rechazadas por hongos y otros defectos	4	54	71	1	57	71	17	33	71

TABLE E 44 - EFECTO DE ATAQUES DE HONGOS EN ZONAS 4 Y 6 EN LA RELACION DE FRUITEADICION DE VIGAS Y PROLETA-

A Efecto de Hongos en zonas 4 o 6 en el Factor de Calidad (MOR vigas / MOR probetas)

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin hongos en zonas 4 y 6	114	75	18	257	71	06	371	75	06
Vigas con hongos aceptables	23	74	20	32	74	07	105	74	07
Vigas con hongos no aceptables	10	54	27	21	47	14	-	47	14
Vigas aceptadas y sin hongos	66	78	54	77	71	41	141	74	41
Vigas aceptadas con hongos	7	63	77	11	71	61	13	74	61
V rechazadas solo por hongos				1	67	67	1	67	67
Vigas rechazadas sin hongos	48	71	18	181	57	07	229	60	06
V rechazadas con hongos aceptables	16	63	20	51	57	07	67	71	07
V rechazadas por hongos y otros defectos	10	54	27	22	46	14	12	47	14

B Efecto de Hongos en zonas 4 o 6 en la relacion R = MOE vigas / MOE probetas

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin hongos en zonas 4 y 6	114	96	41	257	94	47	372	97	41
Vigas con hongos aceptables	23	77	56	32	1 01	67	105	1 01	56
Vigas con hongos no aceptables	10	82	38	21	71	64	11	87	38
Vigas aceptadas y sin hongos	66	93	53	77	1 02	66	141	1 00	53
Vigas aceptadas con hongos	7	1 05	77	11	1 05	63	13	1 05	63
V rechazadas solo por hongos				1	1 10	1 10	1	1 10	1 10
Vigas rechazadas sin hongos	48	73	41	182	96	42	230	95	41
V rechazadas con hongos aceptables	16	74	56	51	1 01	67	67	1 00	56
V rechazadas por hongos y otros defectos	10	87	38	22	92	64	12	87	38

TAFLA E 4/ - EFECTO DE LAS GRIETAS DE SECADO EN ZONAS 4 Y 6 EN LA RELACION ENTRE FROFIEDADET DE VIGAS Y FROFIEDA-

A Efecto de las Grietas en zonas 4 u 6 en el Factor de Calidad (relacion MOR vigas / MOR probetas)

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			fijas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FL	min
Vigas sin grietas en zonas 4 y 6	144	77	17	50	71	07	44	77	07
Vigas con grietas aceptables	2	71	57	12	57	4	14	57	74
Vigas con grietas no aceptables	1	77	77	2	7	17		46	17
Vigas aceptadas y sin grietas	72	77	54	105	72	47	177	75	47
Vigas aceptadas con grietas	1	57	57		77	77	4	67	57
Vigas rechazadas sin grietas	72	65	10	245	57	07	117	70	07
Vigas rechazadas con grietas aceptables	1	75	1	7	51	4	10	57	17
Vigas rechazadas por grietas y otros defectos	1	77	77	2	7	17		46	17

B Efecto de las Grietas en zonas 4 u 6 en la relacion R = MOE vigas / MOE probetas

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			fijas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin grietas en zonas 4 y 6	144	75	3	250	77	42	474	75	75
Vigas con grietas aceptables	2	77	57	12	77	74	14	74	57
Vigas con grietas no aceptables	1	56	57	2	76	70		77	56
Vigas aceptadas y sin grietas	72	77	67	105	70	76	177	70	67
Vigas aceptadas con grietas	1	57	57		77	73	4	65	57
Vigas rechazadas sin grietas	72	77	10	245	77	42	117	76	75
Vigas rechazadas con grietas aceptables	1	77	57	7	77	74	10	77	50
Vigas rechazadas por grietas y otros defectos	1	56	57	2	76	70		77	56

TABLA E 48 - EFECTO DE ESCAMADURAS EN LA RELACION ENTRE PROPIEDADES MECANICAS DE VIGAS Y PROJETAS

A Efecto de Escamaduras (Acebolladuras) en el Factor de Calidad (relacion MOR vigas / MOR probetas)

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	FC	min	n	FC	min	n	FC	min
Vigas sin escamadura	141	74	18	117	62	06	458	66	06
Vigas con escamadura aceptable	2	64	51	32	57	07	34	58	07
Vigas con escamadura no aceptable	2	66	25	14	44	14	17	43	14
Vigas aceptadas y sin escamadura	72	79	54	75	72	43	170	75	41
Vigas aceptadas con escamadura	1	80	20	10	70	43	11	71	43
Vigas rechazadas solo por escamadura				1	50	50	1	50	50
Vigas rechazadas sin escamadura	67	69	17	219	58	06	298	60	06
Vigas rechazadas con escamadura aceptable	2	55	51	27	52	07	25	52	07
Vigas rechazadas por escamadura y otros defectos	2	66	5	12	42	14	1	47	14
Vigas cuya forma de falla tuvo una relacion directa con									
a) Escamadura aceptable				2	57	42	2	57	42
b) Escamadura no aceptable	4	50	25	11	42	14	15	44	14

C Efecto de Escamaduras (Acebolladuras) en la relacion R = MOE vigas / MOE probetas

Condicion de las vigas al ensayarse	verde			seca al aire			todas		
	n	R	min	n	R	min	n	R	min
Vigas sin escamadura	141	76	42	117	69	42	458	69	42
Vigas con escamadura aceptable	2	72	72	13	1 00	77	16	1 01	67
Vigas con escamadura no aceptable	2	75	22	14	62	74	17	70	22
Vigas aceptadas y sin escamadura	72	78	53	78	1 02	66	170	1 01	53
Vigas aceptadas con escamadura	1	76	76	10	1 04	85	11	1 02	85
Vigas rechazadas solo por escamadura				1	74	74	1	74	74
Vigas rechazadas sin escamadura	67	77	47	219	67	42	298	76	42
Vigas rechazadas con escamadura aceptable	2	71	73	27	77	77	25	73	67
Vigas rechazadas por escamadura y otro defectos	2	73	23	12	62	74	16	57	22

En setiembre de 1974, la Comisión del Acuerdo de Cartagena —su máximo organismo— aprobó la Decisión 89 constituyendo los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT). Los PADT son uno de los instrumentos de política tecnológica del Acuerdo de Cartagena dentro del área de asimilación y generación de tecnología destinado a solucionar problemas subregionales de interés común y de importancia económica y social.

Los PADT-REFORT están constituidos por un conjunto de proyectos orientados a la utilización racional de la madera proveniente de los bosques tropicales de la Subregión y se realizan con la participación de instituciones nacionales con la coordinación de la Junta del Acuerdo de Cartagena. En los países la ejecución de las actividades de los PADT-REFORT es responsabilidad de las siguientes instituciones:

- Bolivia : Centro de Desarrollo Forestal
- Colombia : Instituto Nacional de Recursos Naturales y del Ambiente. INDERENA.
- Ecuador : Programa Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Perú : Instituto Nacional Forestal y de Fauna. INFOR.
- Venezuela : Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

La presente publicación es un informe de las investigaciones realizadas en el Laboratorio Andino de Ingeniería de la Madera (LADIMA) por el personal técnico de la Junta del Acuerdo de Cartagena.



**JUNTA DEL ACUERDO
DE CARTAGENA**

PADT-REFORT

*Proyector Andino de Desarrollo Tecnológico
en el Área de Recursos Forestales Tropicales*