

Documento de Divulgación N° 58

ASPECTOS TÉCNICOS A CONSIDERAR POR LA PYME DEL ASERRÍO PARA LA PRODUCCIÓN DE MADERA ESTRUCTURAL

G1
NCh 1207
LME-INFOR



Tecnología y Productos de Madera
Instituto Forestal 2021



Las fotografías e imágenes incorporadas en tapas o texto de la presente publicación provienen de archivo institucional o fueron obtenidas o elaboradas durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación.

Documento de Divulgación N° 58

ASPECTOS TÉCNICOS A CONSIDERAR POR LA PYME DEL ASERRÍO PARA LA PRODUCCIÓN DE MADERA ESTRUCTURAL

Irma Arriagada Navarrete¹

Leonardo Troncoso Cansino

Gonzalo Hernández Careaga

Ignacio González Retamal²

INSTITUTO FORESTAL 2021

¹ Investigadores, Instituto Forestal, Sede Biobío.

² Profesional Dirección Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (DITEC), Ministerio de Vivienda y Urbanismo.



CONVENIO DE COLABORACIÓN Y TRANSFERENCIA ENTRE EL MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO Y EL INSTITUTO FORESTAL

Área de Tecnología y Productos de Madera de INFOR y División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (DITEC) del MINVU.

INSTITUTO FORESTAL

Sucre 3397, Ñuñoa, Santiago

Chile

F. 56 2 223667115

www.infor.cl

ISBN N° 978 956 318 210-1

Registro Propiedad Intelectual N° 2021 A 1280

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Arriagada, **Irma**; Troncoso, **Leonardo**; Hernández, **Gonzalo** y Gonzales, **Ignacio**, 2021. Aspectos Técnicos a Considerar por la Pyme del Aserrío para la Producción de Madera Estructural. Instituto Forestal, Chile. Área de Tecnología y Productos de Madera. Documento de divulgación N° 58. P. 26.

INTRODUCCIÓN



La madera aserrada estructural (MAE) de pino radiata que se destina a las múltiples aplicaciones estructurales que ella encuentra en el ámbito de la construcción, debe cumplir requisitos asociados al grado estructural, humedad, dimensiones y preservación; aspectos que están considerados en distintas normas chilenas.



Con el objetivo de un mejor aprovechamiento de la materia prima, la producción de MAE debe considerar una serie de aspectos técnicos en cada una de sus etapas de procesamiento, considerando entre ellas las de aserrío, secado 1, cepillado, mesa de clasificación y marcado, impregnado, secado 2, mesa de timbrado y embalaje, y despacho.

La información en este folleto proporciona los requisitos técnicos que debe cumplir la MAE, recomendaciones para cada etapa de procesamiento, consideraciones para el control de calidad, requisitos de rotulado del MINVU, programas de capacitación disponibles en el Instituto Forestal (INFOR), además de costos de implementación.



¿QUÉ ES LA MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL (MAE)?

Es aquella que por sus características físicas y mecánicas, principalmente, resulta apta para ser empleada como elemento resistente en la construcción y cumple con las especificaciones de las normas técnicas y la normativa legal vigente (NCh 173: 2019).

¿QUÉ ES LA CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL?

Es la técnica mediante la cual las piezas de madera aserrada se agrupan de acuerdo a su capacidad para resistir cargas o esfuerzos.

Se identifican 2 métodos de clasificación estructural:

VISUAL

MECÁNICO



**NO TODA LA MADERA QUE SALE DEL ASERRADERO SIRVE PARA
CONSTRUIR COMPONENTES ESTRUCTURALES**



Método de clasificación visual, según NCh 1207



Nudos

- Identificar la zona crítica
- Proyectar nudos en la sección transversal
- Evaluar la condición de borde
- Cuantificar RAN: RANB; RANT; RANI; RANNA
- Verificar el cumplimiento de RAN con los límites asignados a cada grado



Características de crecimiento y defectos de procesamiento

Verificar límites de:

- Inclinação de la fibra
- Alabeos
- Arista faltante en el largo
- Bolsillos de resina y corteza
- Fisuras (grietas y rajaduras)
- Presencia de médula



Escuadría y humedad

- Humedad < 20%
- Dimensiones (NCh 2824)



Grado Estructural

GS: Grandes solicitaciones; G1: Envigados; G2: Tabiquería

Método de clasificación mecánica

Es una técnica desarrollada en los años 60 y demanda el uso máquinas, que en los últimos años han registrado una importante evolución tecnológica, con costos de adquisición al alcance de la pyme.

Existen diversas tecnologías para clasificar mecánicamente la madera aserrada. Entre ellas se distinguen las que aplican una carga de prueba, las que utilizan rayos X, ondas de sonido, y las que combinan dos o más tecnologías.



¿QUÉ REQUISITOS TÉCNICOS DEBE CUMPLIR LA MAE?

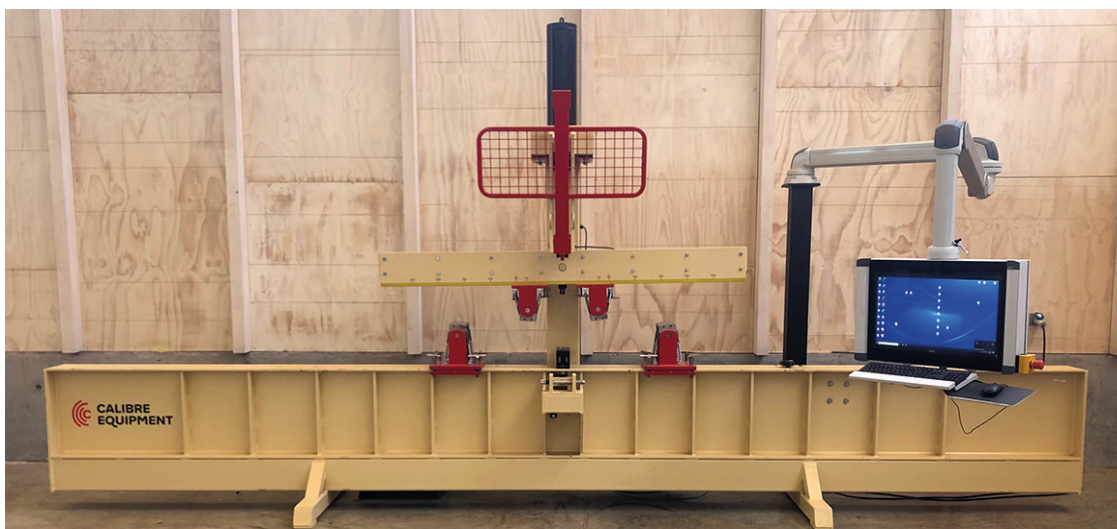
La MAE de pino radiata debe cumplir los requisitos que se indican:

Grado estructural, visual o mecánico

La norma chilena 1198. Madera. Construcciones en madera. Calcula, establece los valores de resistencia mínimo de los grados visuales y mecánicos del pino radiata.

Grado Estructural	Tensiones admisibles [MPa]					Módulo de elasticidad flexión [MPa]	Índice de aplastamiento compresión normal [MPa/mm]
	Flexión	Compresión paralela	Tracción paralela	Compresión normal	Cizalle		

A) Visuales							
GS	11,0	8,5	6,0	2,5	1,1	10.500	5,65
G1	7,5	7,5	5,0	2,5	1,1	10.000	
G1 y mejor	9,5	7,8	5,5	2,5	1,1	10.100	
G2	5,4	6,5	4,0	2,5	1,1	8.900	
B) Mecánicos							
C24	9,3	8,0	4,7	2,5	1,1	10.200	5,65
C16	5,2	7,5	3,5	2,5	1,1	7.900	
MGP10	8,4	10,0	4,0	2,5	1,3	10.000	
MGP12	13,5	15,5	6,0	2,5	1,3	12.700	





Control de humedad

La norma chilena 1207. Pino radiata, pino oregón, pino ponderosa. Clasificación visual para uso estructural. Especificaciones de los grados de calidad, establece que el contenido de humedad de la madera aserrada o cepillada, clasificada visualmente debe ser inferior al 20%.

El uso de xilohigrómetros portátiles permite medir y controlar el contenido de humedad de la madera en terreno. Su uso y calibración está regulado por la NCh 2827.



Dimensiones y tolerancias

La norma chilena 2824. Materiales de construcción. Maderas. Pino radiata. Unidades, dimensiones y tolerancias, establece las dimensiones efectivas en milímetros que debe tener la madera aserrada seca y la madera cepillada.

Dimensión nominal (pulgada pinera)	Dimensión efectiva [mm]		Dimensión nominal (pulgada pinera)	Dimensión efectiva [mm]	
	Aserrado	Cepillado		Aserrado	Cepillado
1/2	10	8	4	94	90
3/4	17	14	5	118	114
1	21	19	6	142	138
1 1/2	36	33	7	166	162
2	45	41	8	190	185
3	69	65	9	214	210
3 1/2	82	78	10	235	230
Tolerancias dimensionales			Espesor (mm)		
Madera aserrada seca			Ancho (mm)		
Madera cepillada seca			(0, +3)	(0, +5)	
			(0, +1)	(0, +2)	



Preservación

La norma chilena 819. Madera preservada. Clasificación según riesgo de deterioro en servicio y muestreo. Establece los niveles de retención y penetración mínima que debe cumplir la madera de pino radiata.

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) señala que los elementos estructurales de pino radiata deben ser preservados debido a su condición de madera "No durable" (NCh 789/1).





Clasificación de riesgo, según uso y agente biológico de deterioro, según NCh 819.

Nivel de riesgo de deterioro	Condición de uso	Agente biológico de deterioro
Riesgo 1 (R1)	• Uso en interiores • Sobre el nivel del suelo • Ambientes secos	Insectos, incluidos la termita subterránea
Riesgo 2 (R2)	• Uso en interiores • Sobre el nivel del suelo • Con posibilidad de adquirir humedad • Ambientes mal ventilados	Hongos de pudrición e insectos, incluidos la termita subterránea
Riesgo 3 (R3)	• Uso en exteriores o interiores • Sobre el nivel del suelo • Exposición a las condiciones climáticas	Hongos de pudrición e insectos, incluidos la termita subterránea

Retención mínima de ingrediente activo del preservante según nivel de riesgo de deterioro de la madera.

Riesgo	CCA [kg/m ³]	MCA [kg/m ³]	μCA-C [kg/m ³]
1	4,0	1,0	0,8
2	4,0	1,0	0,8
3	4,0	1,0	1,0

Ingrediente activo: CCA (óxido de cobre, cromo y arsénico); MCA (Cobre micronizado más tebuconazol); μCA-C (Cobre micronizado más tebuconazol más propiconazol).

Penetración mínima para los preservantes más utilizados en la industria.

Producto	Riesgo	Penetración mínima albura o profundidad mínima [mm] en las caras	
		Albura	Profundidad mínima (duramen expuesto)
Madera aserrada	R1, R2, R3	100 %	3 mm



IMPLEMENTACIÓN DE MAE CON CLASIFICACIÓN VISUAL

Para implementar la MAE con clasificación visual se sugiere cumplir con las siguientes **recomendaciones** en el proceso de producción.

Producción MAE, Clasificación Visual



Se deben usar diagramas de corte que permitan generar escuadrías de uso estructural.

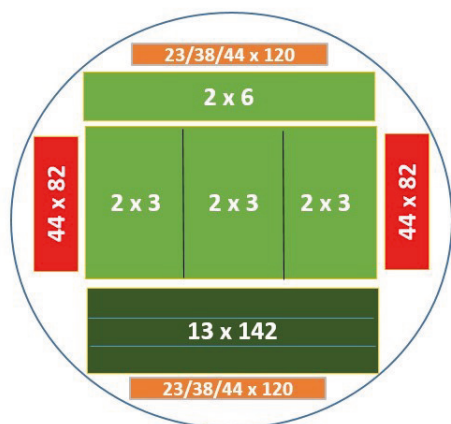


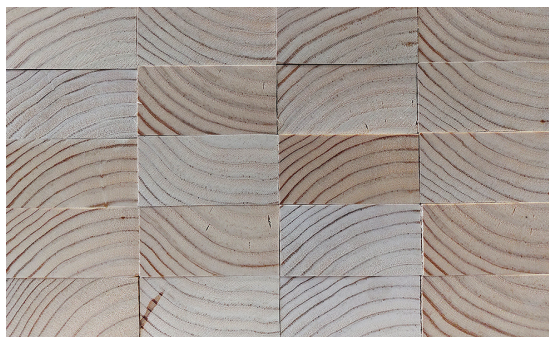
Diagrama de corte

Se deben preclasificar visualmente las piezas aserradas, descartando aquellas que no cumplan con las restricciones de los alabeos (NCh 1207), RANT mayor o igual al 66% y defectos de procesamiento (canto muerto).



Preclasificado de piezas aserradas

Se debe separar la madera lateral de la central para su envío a secado.



Madera aserrada lateral



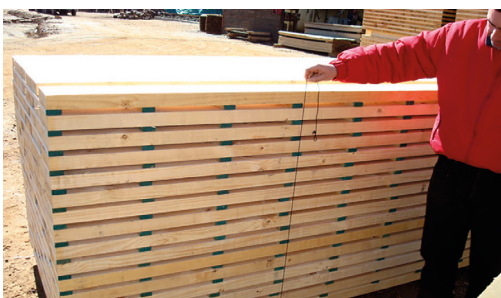
Madera aserrada central



Preparación de la carga

Para evitar alabeos en la madera central y la dispersión de humedad:

- Separar la madera lateral de la central (la central seca más rápido).
- Usar separadores secos y uniformes, distanciados entre 30 y 45 cm.
- El índice de alineamiento de los separadores debe ser mayor al 90%.



Inspección madera empallada



Madera empallada para secado

Contrapesos

Para evitar alabeos en la madera central:

- Usar entre 450 a 600 kg/m² para secado convencional y acelerado.
- Usar entre 800 a 1.000 kg/m² para secado alta temperatura.
- Se deben distribuir de forma homogénea sobre la carga.



Contrapesos en cámara de secado

Programa de secado

Para evitar grietas:

- Realizar calentamiento $\geq 60^{\circ}\text{C}$.
- Programas $80^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{C}$ y $90^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{C}$ (TBS/TBH) son adecuados.
- Usar velocidad del aire de 3 m/s para secadores convencionales y mayor a 5 m/s para acelerados.
- Acondicionar de 4-5 horas máximo con HR mayor a 85% (para madera de 40 mm de espesor). Si la madera será impregnada, no es necesario el acondicionado.

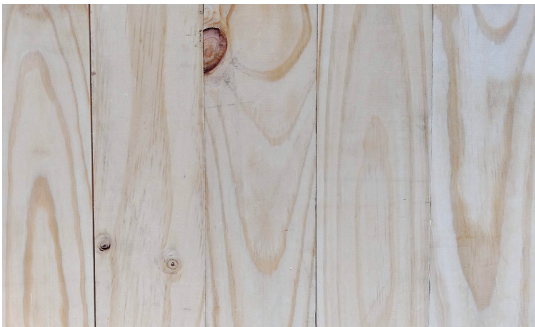


Grieta de secado



Cepillado (la terminación aserrada no considera esta etapa):

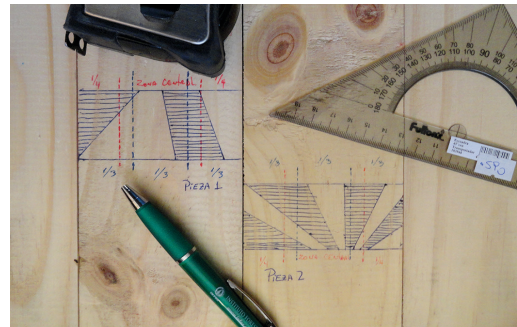
- Se debe realizar un control dimensional durante el cepillado para asegurar la dimensión objetivo (efectiva).
- Se debe realizar un preclasificado de las piezas aserradas que no cumplen con las restricciones de los alabeos (NCh 1207) y que presentan un RANT mayor o igual al 66%.



Madera cepillada

Mesa de clasificación visual y marcado:

- La clasificación visual de la madera aserrada la debe realizar un operario capacitado en la norma chilena NCh 1207.
- El operario debe marcar las piezas con un crayón, asignándole una marca particular a cada grado estructural.
- Las piezas clasificadas se deben empaquetar por grado estructural para su envío a impregnado.



Clasificación visual

Impregnado:

- La retención y penetración del preservante en la madera debe cumplir los requisitos de calidad señalados en la NCh 819.



Madera impregnada con MCAz



Madera impregnada con CCA



Preparación de carga

Para evitar alabeos en la madera central y la dispersión de humedad:

- Secar madera aserrada de un mismo espesor y especie.
- Usar separadores secos y uniformes, distanciados entre 20 y 25 cm.
- El índice de alineamiento de los separadores debe ser mayor al 90%.

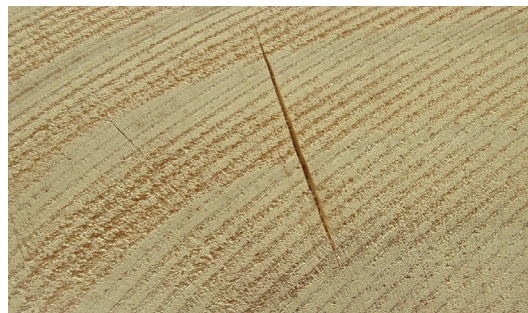


Carga de madera para ingreso a cámara

Programa de secado

Para evitar grietas:

- Realizar calentamiento $\leq 70^{\circ}\text{C}$.
- Usar programas $75^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{C}$, $80^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{C}$, ó $85^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{C}$ (TBS/TBH).
- Usar velocidad de aire 4 a 6 m/s.



Grieta de secado

Consideraciones especiales

- Se sugiere disponer de una cámara exclusiva para el secado de madera impregnada.
- No se debe activar la tina de vaporizado durante el calentamiento y acondicionado para evitar potencial lixiviación del preservante.
- En el evento de necesitar acondicionar la madera, se sugiere usar aspersores de agua (madera entre 8% y 13% de contenido de humedad).



Cargas de madera para ingreso a cámara



Mesa de timbrado

- Se debe desempalillar la madera aserrada y desclasificar la que no cumple con las restricciones de los alabeos (NCh 1207).
- Se debe rotular la madera aserrada que cumple con los requisitos de humedad, grado estructural, dimensiones y preservación.
- La madera aserrada se debe empaquetar por escuadría y grado estructural.



Timbrado de MAE

Embalaje y despacho

- La madera aserrada se debe empaquetar e identificar según los requerimientos del cliente.
- La madera aserrada se debe almacenar en la bodega o enviar directamente al cliente.
- La madera aserrada se debe despachar a los clientes encarpada, para evitar su agrietamiento.

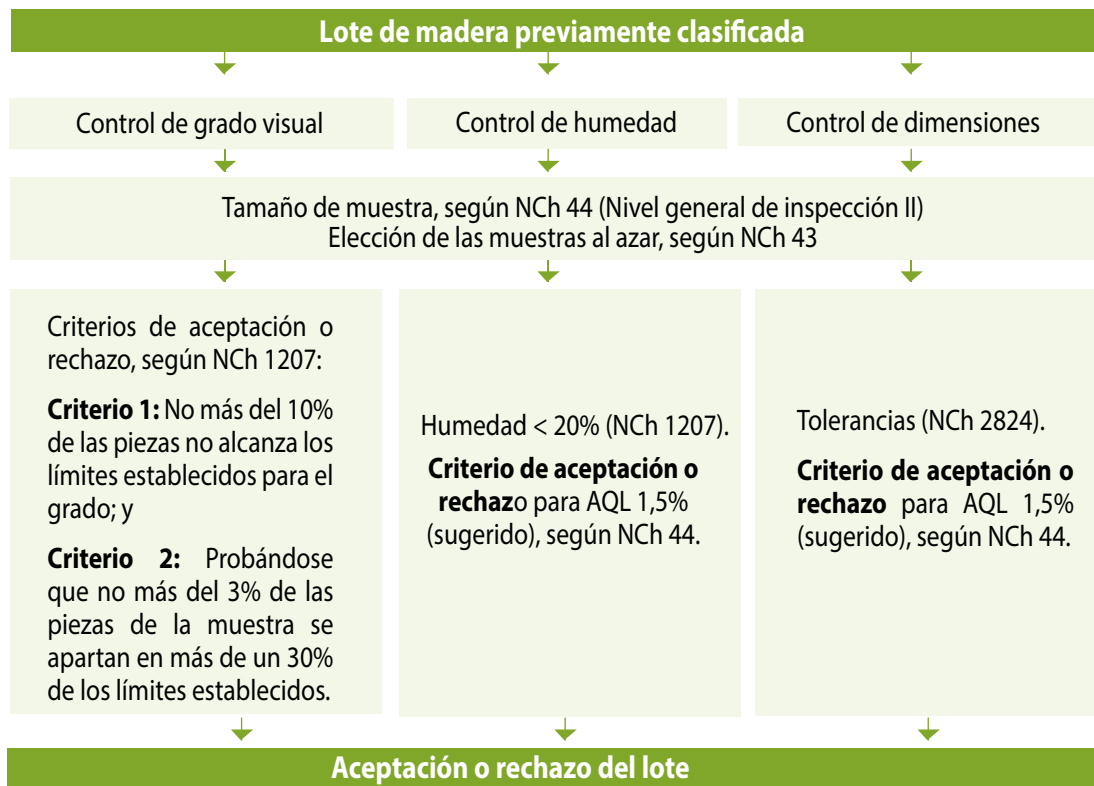


MAE embalada para despacho



Control de calidad

La MAE debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad:



Rotulado MAE visual

Una vez clasificada visualmente la pieza en el aserradero o centro de acopio, se debe marcar sobre una cara en forma legible e indeleble, con un timbre o etiqueta adhesiva permanente, que identifique claramente todos los datos indicados por la autoridad competente:

- Identificación del proveedor
- País de origen
- Especie
- Terminación
- Dimensión nominal
- Grado estructural
- Preservación
- Contenido de humedad

MADERA CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURAL PROVEEDOR: ALPIN S.A. PAÍS DE ORIGEN: CL	ESPECIE: PINO RADIATA DIMENSIÓN 2X2 45X45 MM 3.2 M HUMEDAD. CH<20% GRADO ESTRUCTURAL: G2 PRESEVACIÓN: CA-B R2
---	--

Fuente: MINVU



Capacitación INFOR

INFOR realiza capacitaciones de clasificación visual para madera de pino radiata de acuerdo a la NCh 1207.

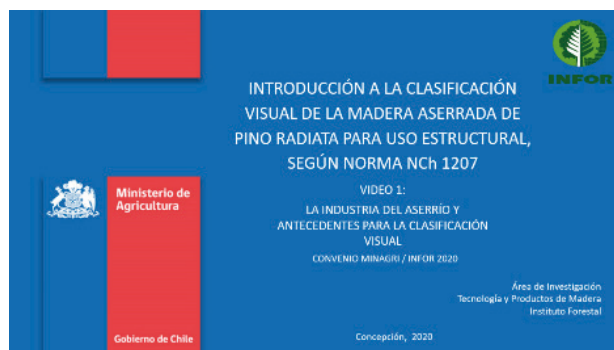
Cursos Presenciales. Teórico y práctico de 5 días de duración (40 horas), para operarios y encargados de calidad.



YouTube

CURSO ONLINE

Disponible en Canal YouTube de Instituto Forestal (INFORTV del Instituto Forestal).



INTRODUCCIÓN A LA CLASIFICACIÓN VISUAL DE LA MADERA ASERRADA DE PINO RADIATA PARA USO ESTRUCTURAL, SEGÚN NORMA NCh 1207



VIDEO 1

La Industria del aserrío y antecedentes para la clasificación visual



VIDEO 2

Medición de características de la madera y límites admisibles de los grados visuales



VIDEO 3

Ejemplos de clasificación visual



VIDEO 4

Otros requisitos, rotulado y control de calidad



IMPLEMENTACIÓN DE MAE CON CLASIFICACIÓN MECÁNICA

Para implementar la MAE con clasificación mecánica se deben considerar las mismas **recomendaciones** que para la MAE con clasificación visual.

Producción MAE, Clasificación Mecánica



Excepciones

Aserrió

Se debe evitar utilizar la madera central, que presenta una densidad inferior.

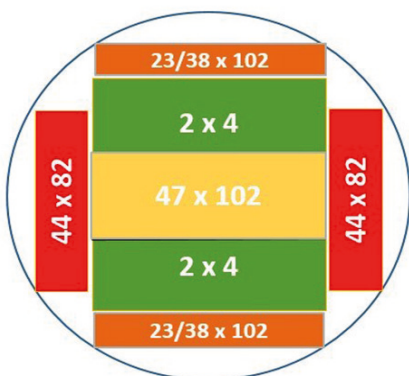


Diagrama de corte



Aserrió

Mesa de clasificación mecánica y marcado

La clasificación mecánica se debe realizar con un equipo portátil, previamente configurado según la escuadría de interés



Equipo portátil MTG Brookhuis



Clasificación mecánica con equipo portátil



Equipamiento

Para implementar la clasificación mecánica se debe contar con el siguiente equipamiento:

MTG Brookhuis. Este equipo se ubica en el cabezal de la pieza y se presiona el botón disparador que golpea la madera y envía una onda de sonido a través de ella, que define un módulo de elasticidad aparente el que se correlaciona con un grado estructural mecánico.



Máquina de ensayo de flexión para realizar el control de calidad de las piezas clasificadas con el equipo MTG Brookhuis.

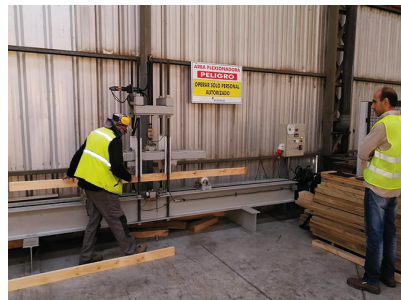


Control de calidad

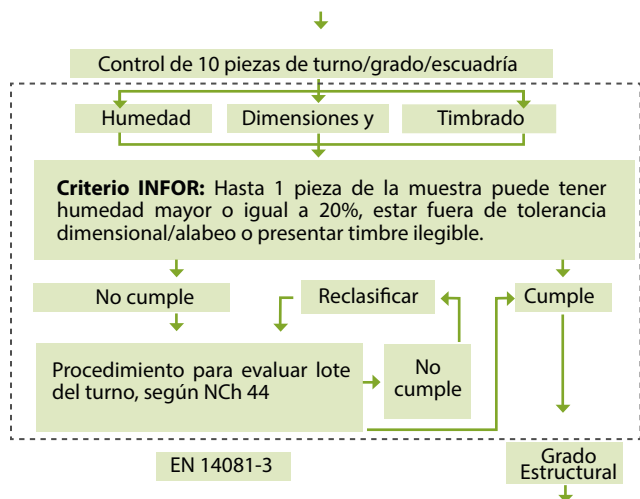
La correcta aplicación del procedimiento de calidad de INFOR por parte de los aserraderos asegura que la humedad, dimensiones, alabeos, timbrado y grado estructural de la MAE cumple con las indicaciones de normas (requisitos, ensayos) y decretos.

El procedimiento de calidad de INFOR se basa en la serie de normas EN14081, esquema de “producción controlada”, que permite determinar y ajustar los parámetros del equipo de clasificación a partir de ensayos mecánicos y procedimientos estadísticos.

El flujo de control de calidad en la producción continua de MAE clasificada mecánicamente debe seguir el siguiente esquema:



Control de calidad por turno y Auditoría INFOR



Criterio 1:

Los valores característicos de resistencia a la flexión y la densidad son iguales o mayores a los declarados

o

Criterio 2:

Los valores característicos de resistencia a la flexión y la densidad son iguales o mayores que el 90% de los valores declarados; y si el MOE medio en flexión es mayor o igual al 95% del valor declarado.

AUDITORÍA INFOR

- Revisar registros cartillas CUSUM.
- Verificar la condición de timbres.
- Verificar que los parámetros del equipo de clasificación no estén alterados.
- Seleccionar aleatoriamente los paquetes a inspeccionar y registrar sus códigos.
- Verificar las mediciones de los instrumentos en máquina flexión.
- Extraer una muestra aleatoria por escuadría/grado para verificar el cumplimiento de alabeos, dimensiones, humedad y timbrado (información, legibilidad); y ejecutar ensayos a la flexión.

Rotulado MAE mecánica

Una vez clasificada estructuralmente la pieza en el aserradero o centro de acopio, se debe marcar sobre una cara en forma legible e indeleble, con un timbre o etiqueta adhesiva permanente, que identifique claramente todos los datos indicados por la autoridad competente:

- Identificación del proveedor
- País de origen
- Especie
- Terminación
- Dimensión nominal
- Grado estructural
- Preservación
- Contenido de humedad



Fuente: MINVU

Capacitación Infor

INFOR realiza capacitaciones de clasificación mecánica para madera de pino radiata.

Cursos Presenciales. Teórico y práctico de 5 días de duración (40 horas), para operarios y encargados de calidad.



COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE MAE

Tipo de clasificación	Equipamiento	Cantidad	Inversión aproximada	Observación
Visual (operario calificado)	Tinta, almohadilla, timbre y tampón (proceso manual).	1	\$200.000 (US \$254)	• Considera 2 timbres, 2 tampones, 2 almohadillas y 1 litro de tinta. • INFOR capacita al operario.
Mecánica (método producción controlada)	Equipo portátil para clasificar la madera aserrada.	1	\$8.700.000 (US \$11.040)	• Comercializa TRADEX • Cotización del 12.8.2020. • INFOR capacita en su operación.
	Máquina de ensayo a la flexión, de apoyo al control de calidad (perfiles de acero, cilindro 10 toneladas, celda de carga, bomba manual, reloj comparador, otros).	1	\$6.000.000 (US \$7.614)	• El diseño de la máquina lo proporciona INFOR. • INFOR asesora la construcción y uso de la máquina de ensayo.
	Tinta, almohadilla, timbre y tampón (proceso manual).	1	\$200.000 (US \$254)	• Considera 2 timbres, 2 tampones, 2 almohadillas y 1 litro de tinta.



Laboratorio de Madera Estructural

Sede Biobío Instituto Forestal
Camino a Coronel Km 7,5 San Pedro de la Paz

Sitio Web

lme.infor.cl

Email

lme@infor.cl





SEDE DIAGUITAS

Juan Georgini Runi 1507, La Serena. Fono (56-51) 2362600

SEDE METROPOLITANA

Sucre 2397, Ñuñoa, Casilla 3085, Santiago. Fono (56-2) 23667100

SEDE BIOBÍO

Camino Coronel Km. 7.5 Concepción. Casilla 109 c, Concepción. Fono (56-41) 2853260

SEDE LOS RÍOS

Fundo Teja Norte s/n, Valdivia. Casilla 385, Valdivia, Fono (56-67) 2262500

SEDE PATAGONIA

Camino Coyhaique Alto Km. 4 Coyhaique. Fono (56-67) 2262500

OFICINA MAULE

Kurt Moller 754, Linares. Fono (56-73) 2215496

OFICINA CHILOÉ

Guarategua Lebe s/n, Nercón, Chiloé. Fono (56-65) 2633641

OFICINA COCHRANE

Teniente Merino 463. Fono (56-9) 8831860

G1
NCh 1207
LME-INFOR