

ANEXO. ENTREGABLE

FV4- INFORME CON ESTÁNDARES DE CLASIFICACIÓN VISUAL DE MADERA EN ROLLO OBTENIDOS SEGÚN DESTINOS Y ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS OBTENIDOS

El presente documento recoge los resultados obtenidos en la tarea de clasificación por calidad de la madera aserrada obtenida de la madera en rollo procedente de las parcelas numeradas 10, 11, 14, 15 y 16 en el proyecto. El procesado y análisis de calidades y rendimientos de estas parcelas fue realizado dentro del período del primer semestre del año 2019.

Análisis de rendimientos

Los rendimientos fueron evaluados mediante el Factor de Recuperación Lineal (FRL), entendido como tal la relación porcentual entre el volumen de madera aserrada obtenida (V_{tablas}) y el volumen de la troza sin corteza (V_{troza}).

Tabla 1. Volumen de trozas y tablas y FRLs (valores medios totales)

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
V_{trozas} (m3)	100	0,11	0,72	0,30	0,13
V_{tablas} (m3)	360	0,00	0,37	0,11	0,07
FRL (%)	100	0,00	64,79	37,16	14,01

En varias trozas, debido a su escaso diámetro y/o gran curvatura, no fue posible obtener ninguna pieza de madera aserrada. Este hecho se muestra en el valor mínimo de 0,00 tanto en la variable V_{tablas} como en el FRL. Se obtuvo un valor medio de FRL de 37,16%, teniendo en cuenta que el aprovechamiento en la sierra fue optimizado para obtener las secciones definidas en el proyecto (250x50, 200x70, 150x50 y 100x30 mm), y no expresamente para maximizar el rendimiento. Segregando las trozas procedentes de cada parcela, se observa un reparto equitativo, con entre 18 y 22 trozas por parcela. La parcela 11 proporcionó trozas de mayor volumen medio que el resto:

Tabla 2. Volumen medio (m^3) de las trozas por parcela

Parcela	N	Media	Desv. típica	Error típico	Mínimo	Máximo
10	22	0,28 ^a	0,11	0,02	0,12	0,55
11	19	0,36 ^b	0,14	0,03	0,19	0,62
14	18	0,31 ^a	0,15	0,04	0,12	0,72
15	20	0,27 ^a	0,12	0,03	0,11	0,64
16	21	0,27 ^a	0,11	0,02	0,12	0,50
Total	100	0,30^a	0,13	0,01	0,11	0,72

*diferentes letras indican diferencias significativas ($p=0,05$)

Al analizar los FRL por parcela, se observa como la parcela 11 mostró un mayor valor (42,98%), hecho esperable debido a la significativa diferencia de volumen medio de sus trozas con respecto al resto de parcelas.

Tabla 3. Rendimientos (%) por parcela

Parcela	N	Media	Desv. típica	Error típico	Mínimo	Máximo
10	22	37,06 ^c	14,44	3,08	0,00	56,19
11	19	42,98 ^c	13,28	3,05	0,00	64,79
14	18	32,49 ^{ab}	16,31	3,84	0,00	62,90
15	20	35,53 ^{bc}	11,04	2,47	14,11	51,38
16	21	37,57 ^{bc}	14,06	3,07	0,00	64,36
Todas	100	37,16	14,01	1,40	0,00	64,79

*diferentes letras indican diferencias significativas ($p=0,05$)

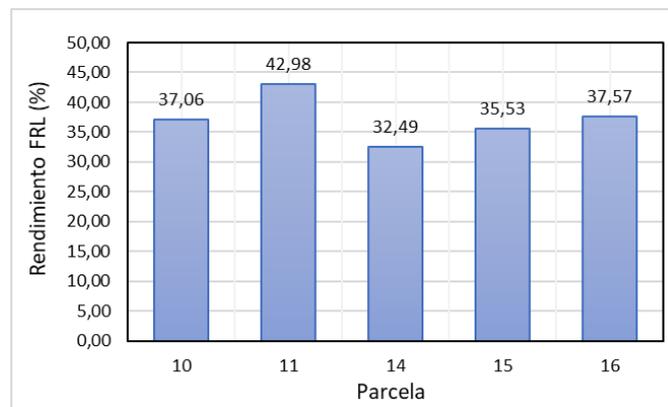


Gráfico 1. Rendimientos (%) por parcela

Estos rendimientos obtenidos dependen, además, del grado de curvatura de las trozas, factor que limita en gran medida el aprovechamiento en la sierra:

Tabla 4. Rendimientos (%) por grado de curvatura

Curvatura	N	Media	Desv. típica	Error típico	Mínimo	Máximo
Bajo	30	47,45 ^a	10,24	1,87	24,67	64,79
Medio	33	38,86 ^b	10,49	1,83	0,00	59,25
Alto	37	27,31 ^c	12,92	2,12	0,00	44,88
Todas	100	37,16	14,01	1,40	0,00	64,79

*diferentes letras indican diferencias significativas ($p=0,05$)

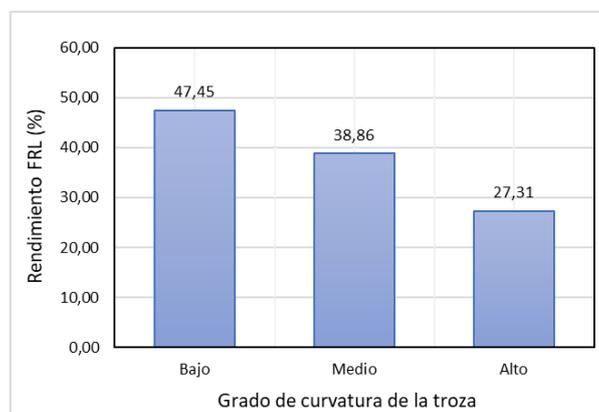


Gráfico 2. Rendimientos (%) por grado de curvatura

Como era esperable, el rendimiento decae en función del grado de curvatura de las trozas aserradas, mostrando su mínimo en el grado de curvatura más alto, con un 27,31% de FRL, significativamente inferior al valor medio de todas las trozas (37,16%) y mucho menor al obtenido en aquellas trozas más rectas (47,45%). Este hecho indica la importancia de la gestión orientada a la calidad de madera, en el aspecto de rectitud del fuste, en la maximización de los rendimientos en el aserrado.

Análisis de calidades

Las piezas obtenidas en el proceso de aserrado de las trozas fueron clasificadas por calidad según dos criterios o destinos. En primer lugar, se consideró un uso estructural, es decir, el empleo de la madera como material clasificado según el sistema de clases resistentes (EN 338) y destinada a ser empleada en elementos portantes. En segundo lugar, todas las piezas fueron clasificadas con una orientación no estructural o de carpintería (suelos, tarimas, revestimientos, perfiles, etc.), donde el aspecto estético prima sobre las propiedades mecánicas.

La siguiente tabla muestra el número de piezas y el volumen de madera aserrada obtenidos en cada una de las parcelas:

Tabla 5. Piezas obtenidas y volumen por parcela

Parcela	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m ³	%
10	67	18,61	2,34	20,14
11	85	23,61	3,20	27,55
14	72	20,00	2,06	17,73
15	70	19,44	1,92	16,53
16	66	18,33	2,09	17,99
Total	360	100,00	9,27	79,80

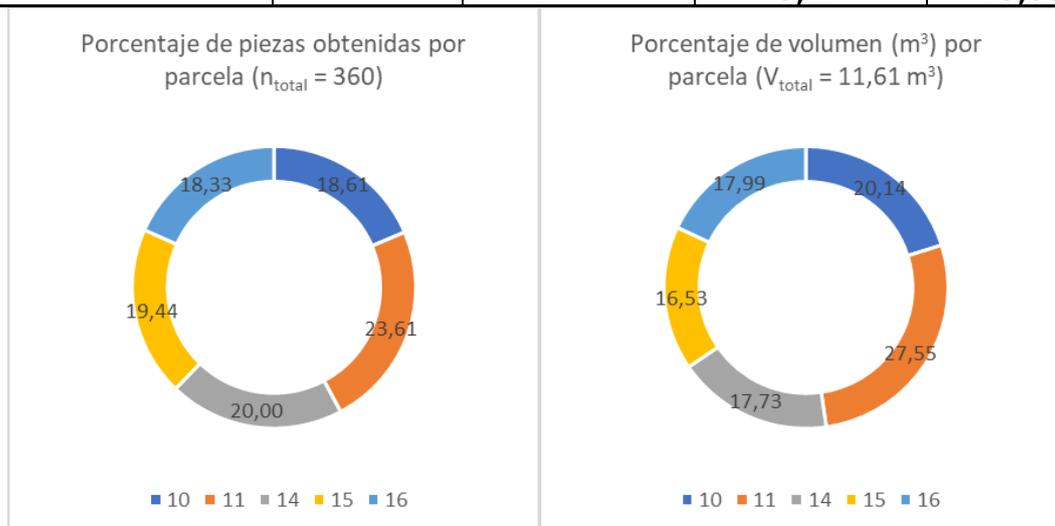


Gráfico 3. Porcentaje de piezas obtenidas por parcela (izq.) y volumen de madera aserrada obtenida por parcela (der.)

El número de piezas y el volumen de madera aserrada en cada parcela fueron bastante similares, con excepción de la parcela 11, con un volumen de madera aserrada obtenido mayor.

Tal y como ya se ha indicado, las trozas fueron aserradas con el objetivo de obtener piezas de 4 tamaños de sección específicos. Este aprovechamiento fue realizado intentando maximizar el rendimiento y además buscando un equilibrio en el número de piezas de cada sección. La siguiente tabla muestra el número de piezas y el volumen obtenidos de cada una de las secciones definidas:

Tabla 6. Piezas obtenidas por tamaño de sección

Sección (mm ²)	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m ³	%
250x50	91	25,28	4,55	39,17
200x70	50	13,89	2,80	24,10
150x50	91	25,28	2,73	23,50
100x30	128	35,56	1,54	13,22
Total	360	100,00	11,62	100,00

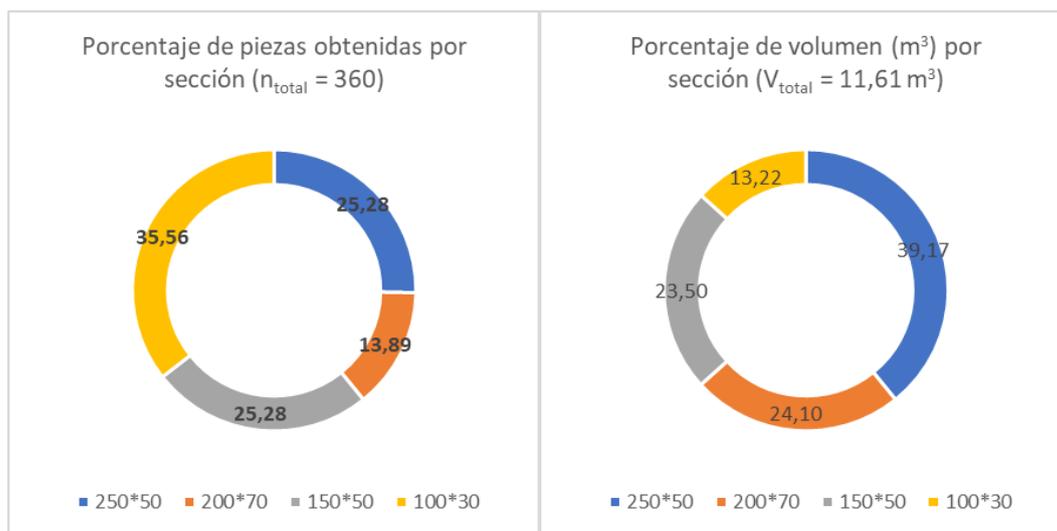


Gráfico 4. Porcentaje de piezas obtenidas por sección (izq.) y volumen de madera aserrada obtenida por sección (der.)

Clasificación estructural

La primera clasificación realizada fue la orientada al mercado de madera estructural. Esta clasificación se rige por la norma EN 338, la cual establece de forma tabulada las Clases Resistentes vigentes con las propiedades mecánicas asociadas. Dichas Clases Resistentes son asignadas a cada lote de madera en función de la calidad visual de las piezas que lo conforman. Estas clases de calidad visual se rigen por normativas nacionales (a diferencia de la normativa armonizada EN, de común uso dentro de Europa). En el caso de España, la clasificación visual estructural se realiza según los criterios de la norma UNE 56544: 2011 (*Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas*), indicado dos calidades: ME-1 y ME-2 (correspondientes a las Clases Resistentes C24 y C18 respectivamente) en función de las singularidades y defectos que presente la madera:

CRITERIOS DE CALIDAD		ME-1	ME-2
DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE LA CARA (h)		$d \leq 1/5$ de "h"	$d \leq 1/2$ de "h"
DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE EL CANTO (b)		$d \leq 1/2$ de "b" y $d \leq 30$ mm	$d \leq 2/3$ de "b"
ANCHURA MÁXIMA DEL ANILLO DE CRECIMIENTO ⁽¹⁾			
– Pino silvestre		≤ 4 mm	Sin limitación
– Pino laricio		≤ 5 mm	Sin limitación
– Pino gallego y pinaster		≤ 8 mm	Sin limitación
– Pino insignie (radiata)		≤ 10 mm	Sin limitación
FENDAS	De secado ⁽²⁾⁽³⁾	$f \leq 2/5$	$f \leq 3/5$
		Las fendas de secado sólo se consideran si su longitud es mayor que la menor de las dimensiones siguientes: 1/4 de la longitud de la pieza y 1 m.	
	– Rayo – Heladura – Abatimiento	No permitidas	
ACEBOLLADURAS		No permitidas	
BOLSAS DE RESINA y ENTRECASCO		Se admiten si su longitud es menor o igual que $1,5 \cdot "h"$	
MADERA DE COMPRESIÓN		Admisible en 1/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza	Admisible en 2/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza
DESVIACIÓN DE LA FIBRA		1:10 (10%)	1:6 (16,7%)
GEMAS			
– longitud		$\leq 1/4$ de "L"	$\leq 1/3$ de "L"
– dimensión relativa		$g \leq 1/4$	$g \leq 1/3$
MÉDULA ⁽¹⁾		Admitida No admitida si se clasifica en húmedo	Admitida
ALTERACIONES BIOLÓGICAS			
– Muérdago (<i>V. album</i>)		– No se admite	
– Azulado		– Se admite	
– Pudrición		– No se admite	
– Galerías de insectos xilófagos		– No se admiten	
DEFORMACIONES MÁXIMAS ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾			
– Curvatura de cara		10 mm (para una longitud de 2 m)	20 mm (para una longitud de 2 m)
– Curvatura de canto		8 mm (para una longitud de 2 m)	12 mm (para una longitud de 2 m)
– Alabeo		1 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m)	2 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m)
– Abarquillado		sin limitación	sin limitación
(1) Estos criterios sólo se consideran cuando se comercializa en húmedo.			
(2) Estos criterios no se consideran cuando la clasificación se efectúa en húmedo.			
(3) Referidas a un 20% de contenido de humedad.			
(4) Pueden aceptarse deformaciones mayores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (porque puedan corregirse durante la fase del montaje) y exista acuerdo expreso al respecto entre el suministrador y el cliente.			

En función de los criterios normativos de clasificación estructural, todas las piezas procedentes del proceso de aserrado fueron clasificadas in-situ:

Tabla 7. Piezas obtenidas por calidad estructural

Calidad ES	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m3	%
ME-1	144	40,00	5,00	43,06
ME-2	134	37,22	4,34	37,38
Rechazo	82	22,78	2,27	19,57
Total	360	100,00	11,61	100,00

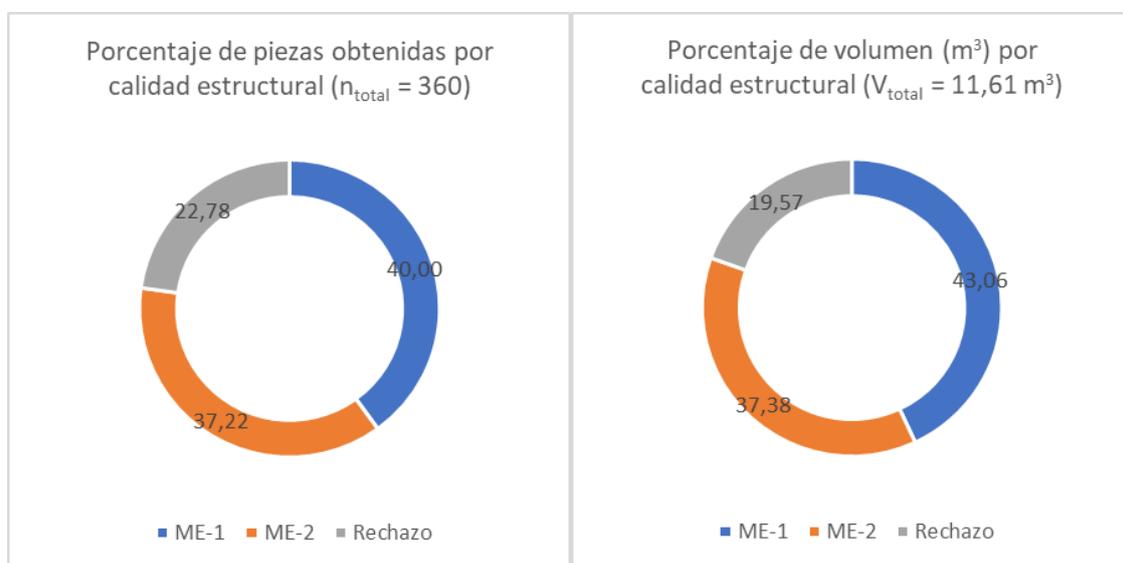


Gráfico 5. Porcentaje de piezas obtenidas por calidad estructural (izq.) y volumen de madera aserrada obtenida por calidad estructural (der.)

Se obtuvo un porcentaje de piezas rechazadas (de calidad insuficiente como para ser clasificadas ME-1 ni ME-2) del 22,78%. Este porcentaje de rechazo se encuentra dentro del margen habitual en este tipo de clasificación y especie de madera, generalmente entre el 15 y el 25%. A continuación se segregan los resultados de la clasificación estructural para cada parcela:

Tabla 8. Piezas obtenidas por calidad estructural PARCELA 10

Calidad ES	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m3	%
ME-1	30	44,78	0,99	42,51
ME-2	21	31,34	0,80	34,05
Rechazo	16	23,88	0,55	23,44
Total	67	100,00	2,34	100,00

Tabla 9. Piezas obtenidas por calidad estructural PARCELA 11

Calidad ES	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m3	%
ME-1	42	49,41	1,62	50,53
ME-2	28	32,94	1,05	32,92
Rechazo	15	17,65	0,53	16,55
Total	85	100,00	3,20	100,00

Tabla 10. Piezas obtenidas por calidad estructural PARCELA 14

Calidad ES	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m3	%
ME-1	30	41,67	1,03	49,81
ME-2	33	45,83	0,85	41,38
Rechazo	9	12,50	0,18	8,82
Total	72	100,00	2,06	100,00

Tabla 11. Piezas obtenidas por calidad estructural PARCELA 15

Calidad ES	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m3	%
ME-1	23	32,86	0,77	39,90
ME-2	25	35,71	0,73	37,81
Rechazo	22	31,43	0,43	22,29
Total	70	100,00	1,92	100,00

Tabla 12. Piezas obtenidas por calidad estructural PARCELA 16

Calidad ES	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m3	%
ME-1	19	28,79	0,59	28,39
ME-2	27	40,91	0,91	43,69
Rechazo	20	30,30	0,58	27,92
Total	66	100,00	2,09	100,00

La siguiente tabla resume los porcentajes anteriores por parcela:

Tabla 13. Porcentajes de clase de calidad estructural por parcela

Parcela	Calidad ME-1	Calidad ME-2	Rechazo
10	44,78 %	31,34 %	23,88 %
11	49,41 %	32,94 %	17,65 %
14	41,67 %	45,83 %	12,50 %
15	32,86 %	35,71 %	31,43 %
16	28,79 %	40,91 %	30,30 %

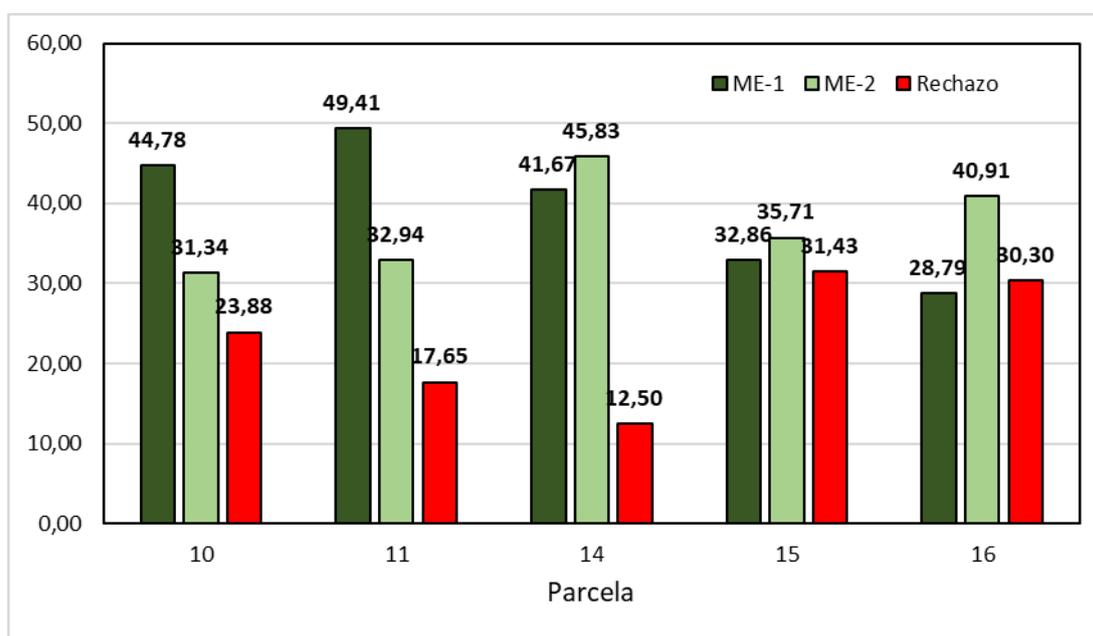


Gráfico 6. Porcentajes de piezas de cada clase visual estructural obtenidas por parcela

Resultan especialmente relevantes los porcentajes de rechazo obtenidos en las parcelas 15 y 16, significativamente superiores al resto de parcelas, las cuales se mantuvieron en el margen normal 15-25%. En ambas parcelas se obtuvo un menor porcentaje de madera de la mayor calidad.

Clasificación no estructural

La clasificación no estructural fue realizada de acuerdo a los criterios definidos en la norma UNE EN 1611-1 (*Madera aserrada. Clasificación por el aspecto de la madera de coníferas. Parte 1: Piceas, abetos, pinos y abeto de Douglas y alerces europeos*). Esta clasificación se orienta a calidad visual, independientemente de las prestaciones resistentes. La norma define diversos sistemas de clasificación, considerando la evaluación sobre las dos caras de la pieza (G2) o sobre las dos caras y los dos cantos (G4). En cada uno de los sistemas se definen 5 clases de calidad estética: G2/G4-0, G2/G4-1, G2/G4-2, G2/G4-3 y G2/G4-4. El sistema de clasificación empleado fue el de dos caras y dos cantos (G4):

Véase NOTA	Singularidades	Límites					
		calidad G4-0	calidad G4-1	calidad G4-2	calidad G4-3	calidad G4-4	
A)	Tamaño de los nudos redondos u ovalados sobre la cara de clasificación	sanos y adherentes	10% de la anchura + 10 mm	10% de la anchura + 20 mm	10% de la anchura + 35 mm	10% de la anchura + 50 mm	
	B)	muerdos o parcialmente adherentes con entrecasco	10% de la anchura + 0 mm	10% de la anchura + 10 mm	10% de la anchura + 20 mm	10% de la anchura + 50 mm	
		podridos o saltadizos	no se admiten	no se admiten	10% de la anchura + 0 mm	10% de la anchura + 15 mm	
A)	Tamaño de los nudos redondos u ovalados sobre los cantos	sanos y adherentes	50	90	100	100	sin limitación pero con la condición de mantener la integridad de la pieza
		- % sobre el grosor	no mayor que el tamaño máximo admisible para un nudo de cara				
	D)	muerdos o parcialmente adherentes					
		- % sobre el grosor	33	67	75	100	
	con entrecasco	- % sobre el grosor	0	33	50	90	
		- tamaño máximo	no mayor que el tamaño máximo admisible para un nudo de cara				
podridos o saltadizos	- % sobre el grosor	0	0	50	90		
	- tamaño máximo	no mayor que el tamaño máximo admisible para un nudo de cara					

Véase NOTA	Singularidades	Límites					
		calidad G4-0	calidad G4-1	calidad G4-2	calidad G4-3	calidad G4-4	
A)	Número de nudos sobre el metro de peor calidad	número total	2	4	6	sin limitación	sin limitación pero con la condición de mantener la integridad de la pieza
		de los cuales: podridos, saltadizos o con entrecasco	0	1*	2	5	
	de los cuales son nudos de espiga o mudos de arista en espiga	0	4	6	sin limitación		
C)	Número total sobre el peor metro de cada canto	número total	1	2	4	sin limitación	
		de los cuales podridos, saltadizos o con entrecasco	0	1	2	3	

* Válido solamente para los nudos con entrecasco

NOTAS

A) Los nudos de 10 mm o menores no se consideran, salvo si son podridos o saltadizos.

B) Para las piceas, abetos y abeto de Douglas cuya anchura es de 225 o mayor, el tamaño de los nudos se debe aumentar 10 mm. Para los pinos cuya anchura es de 180 o mayor, el tamaño de los nudos se debe aumentar 10 mm.

C) Para las piceas cuya anchura sea mayor de 225 mm, el número total de nudos se debe aumentar en un 50%.

D) Los nudos pasante de canto se admiten en piezas de calidad: G4-2, G4-3 y G4-4.

Véase NOTA	Singularidades	Límites					
		calidad G2/G4-0	calidad G2/G4-1	calidad G2/G4-2	calidad G2/G4-3	calidad G2/G4-4	
Entrecasco sobre la cara de clasificación	número sobre el metro peor longitud total (mm)	0	2	2	4	sin limitación	
	Bolsas de resina sobre la cara de clasificación	número sobre el metro peor longitud total (mm)	2	4	4	4	sin limitación
	Madera resinada sobre cualquier cara	(% de la superficie)	0	0	30	50	sin limitación
Madera de compresión sobre cualquier cara	(% de la superficie)	0	10	30	50	sin limitación	
	Desviación anormal de la fibra sobre cualquier cara	no se admite	no se admite	se admite	se admite	se admite	
F) Pudrición sobre cualquier cara		No se admite				Se admiten pequeñas trazas de pudrición	
	F) Hongos cromógenos y pasmo sobre cualquier cara	profundidad en % de la superficie total	0	0	10	50	sin limitación
superficial en % de la superficie total		0	0	20	100	sin limitación	
F) Ataques de insectos sobre cualquier cara		no se admiten	no se admiten	no se admiten	se admiten picaduras no activas se admiten picaduras negras < 2 mm sobre el 15% de la superficie	se admiten picaduras no activas se admiten picaduras negras < 2 mm	

Véase NOTA	Singularidades	Límites				
		calidad G2/G4-0	calidad G2/G4-1	calidad G2/G4-2	calidad G2/G4-3	calidad G2/G4-4
Gema	anchura sobre la cara contada desde cada canto (mm)	3	5	10	20	30
		anchura sobre el canto (mm)	3	5	10	20
	longitud (% de la arista)	20	20	30	50	100
Médula	presencia	no se admite	se admite	se admite	se admite	se admite
	Fendas sobre la cara de clasificación	100	100	150	200	500
Fendas de testa en cada testa (% de la anchura)	fendas de cara (% de la anchura)					
	grosor < 60 mm	10	25	35	75	100
	grosor ≥ 60 mm	10	33	50	90	100
	fendas pasantes (% de la anchura)	0	0	0	20	40
	Deformaciones	flecha de cara (mm / 2 m)	10	10	15	50
grosor < 45 mm	grosor < 45 mm	10	10	10	20	50
	grosor ≥ 45 mm	10	10	10	20	50
	flecha de canto (mm / 2 m)	4	4	4	10	30
	alabeo (% de la anchura / 2 m)	8	8	8	10	20
	albarquillado (% de la anchura)	3	3	3	5	5

NOTAS

E) La desviación anormal de la fibra incluye la fibra entrelazada.

F) Medido según la Norma Europea EN 1311. Si hay varias zonas infectadas o infestadas, totalizar las zonas consideradas.

La siguiente tabla muestra los resultados de la clasificación:

Tabla 14. Piezas obtenidas por calidad no estructural

Calidad ES	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m ³	%
G4-0	50	13,89	1,59	13,70
G4-1	86	23,89	2,79	24,03
G4-2	83	23,06	2,67	23,00
G4-3	103	28,61	3,24	27,91
G4-4	38	10,56	1,32	11,37
Total	360	100,00	11,61	100,00

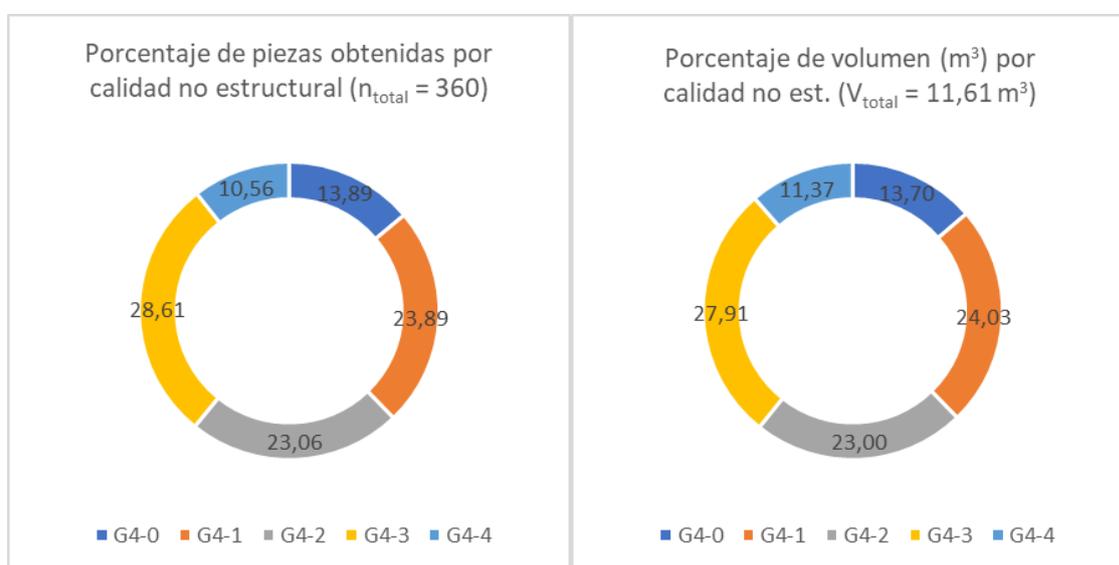


Gráfico 7. Porcentaje de piezas obtenidas por calidad no estructural (izq.) y volumen de madera aserrada obtenida por calidad no estructural (der.)

Debido a la similitud de los criterios de clasificación, las clases intermedias 1, 2 y 3 mostraron porcentajes similares (entre el 23 y el 28%), mientras que la clase visual de mayor calidad (calidad G4-0) mostró un porcentaje menor (14%). Por otro lado, la peor calidad G4-4 mostró un bajo porcentaje de ocurrencia (10%). Resultados de la clasificación no estructural segregados por parcela:

Tabla 15. Piezas obtenidas por calidad no estructural PARCELA 10

Calidad NE	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m ³	%
G4-0	12	17,91	0,35	14,88
G4-1	15	22,39	0,48	20,44
G4-2	14	20,90	0,51	21,98
G4-3	19	28,36	0,72	30,80
G4-4	7	10,45	0,28	11,89
Total	67	100,00	2,34	100,00

Tabla 16. Piezas obtenidas por calidad no estructural PARCELA 11

Calidad NE	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m ³	%
G4-0	17	20,00	0,64	20,05
G4-1	21	24,71	0,80	24,86
G4-2	16	18,82	0,60	18,74
G4-3	22	25,88	0,78	24,42
G4-4	9	10,59	0,38	11,93
Total	85	100,00	3,20	100,00

Tabla 17. Piezas obtenidas por calidad no estructural PARCELA 14

Calidad NE	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m ³	%
G4-0	9	12,50	0,23	11,05
G4-1	22	30,56	0,69	33,53
G4-2	21	29,17	0,55	26,55
G4-3	20	27,78	0,60	28,88
G4-4	0	0,00	0,00	0,00
Total	72	100,00	2,06	100,00

Tabla 18. Piezas obtenidas por calidad no estructural PARCELA 15

Calidad NE	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m ³	%
G4-0	8	11,43	0,28	14,48
G4-1	16	22,86	0,49	25,73
G4-2	16	22,86	0,45	23,65
G4-3	23	32,86	0,52	26,98
G4-4	7	10,00	0,18	9,17
Total	70	100,00	1,92	100,00

Tabla 19. Piezas obtenidas por calidad no estructural PARCELA 16

Calidad NE	Número de piezas		Volumen	
	n	%	m ³	%
G4-0	4	6,06	0,09	4,40
G4-1	12	18,18	0,33	15,87
G4-2	16	24,24	0,55	26,48
G4-3	19	28,79	0,62	29,83
G4-4	15	22,73	0,49	23,42
Total	66	100,00	2,09	100,00

La siguiente tabla resume los porcentajes anteriores por parcela:

Tabla 20. Porcentajes de clase de calidad no estructural por parcela

Parcela	G4-0	G4-1	G4-2	G4-3	G4-4
	%	%	%	%	%
10	17,91	22,39	20,90	28,36	10,45
11	20,00	24,71	18,82	25,88	10,59
14	12,50	30,56	29,17	27,78	0,00
15	11,43	22,86	22,86	32,86	10,00
16	6,06	18,18	24,24	28,79	22,73

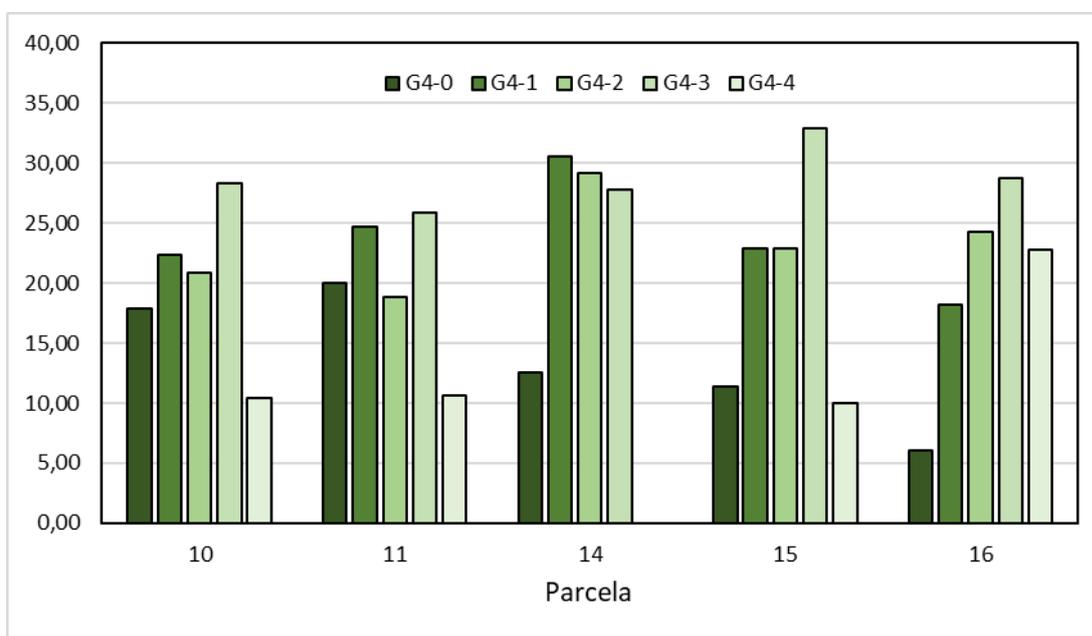


Gráfico 6. Porcentajes de piezas de cada clase visual no estructural obtenidas por parcela

Al igual que ocurría en la clasificación estructural, las parcelas 15 y, especialmente, 16 mostraron menor porcentaje de clases de alta calidad y mayor de calidades bajas (G4-3 y G4-4).