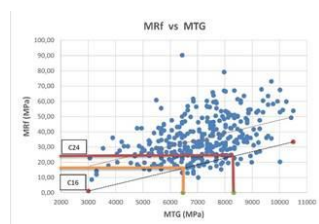


ALTERNATIVAS PARA LA CLASIFICACIÓN MECÁNICA DE MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL



ALTERNATIVAS PARA LA CLASIFICACIÓN MECÁNICA DE MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL

Vásquez, Luis¹; Elgueta, Patricio¹; Hernández, Gonzalo¹;
Campos, Raúl¹; Catalán, Jorge¹; Reyes, Cristian¹ y Guzmán, Sergio²

INSTITUTO FORESTAL
2019

¹Investigadores, Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Concepción, Chile. luis.vasquez@infor.cl

² Consultor privado



INSTITUTO FORESTAL

Sucre 2397 Ñuñoa

Santiago. Chile

Tel. 56 2 23667115

www.infor.cl

ISBN N° 9789563181531

Registro de Propiedad Intelectual: A308025

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

Vásquez, Luis; Elgueta, Patricio; Hernández, Gonzalo; Campos, Raúl; Catalán, Jorge; Reyes, Cristian; Guzmán, Sergio, 2019. Alternativas para la Clasificación Mecánica de Madera Aserrada Estructural. Instituto Forestal. Chile. P.55.

Impresión:

Impresora Icaro Ltda.,

PRÓLOGO

El presente trabajo se enfocó en la descripción de las tecnologías acreditadas para la producción y comercialización de madera estructural (*Framing*) para su uso en la construcción habitacional (*Dimensión Lumber*) en tres mercados productores y consumidores de esta madera; Norte América (Estados Unidos y Canadá), Europa y Australasia (Australia y Nueva Zelanda). En forma paralela se entregan antecedentes generales involucrados en la problemática de la madera estructural, con finalidad del entendimiento global.

En Europa, USA y Canadá, las tecnologías utilizadas para la clasificación automática de la madera estructural a través del proceso *Machine Stress Grading*, deben ser acreditadas por los organismos pertinentes; *European Committee for Standardization* (CEN), *American Lumber Standards Committee* (ALSC) y *Canadian Lumber Standards Accreditation Board* (CLSAB), respectivamente. Solo de esta forma un productor de madera aserrada de uso estructural puede participar en dichos mercados. Sin embargo, en Australia y Nueva Zelanda no existe un listado de las tecnologías acreditadas para el proceso *Machine Stress Grading* por *Australian Standards/New Zealand Standards* (AS/NZS), pero sí es requisito que el productor identifique el grado de calidad de la madera, es decir no hay requisito sobre las máquinas, pero sí que estas cumplan con los requisitos sobre la madera, indicadas en las normas pertinentes.

La información oficial consultada, arrojó un total de 27 fabricantes y 55 tecnologías para realizar la clasificación automática de la madera estructural, a través del proceso *Machine Stress Grading*. Del total de las tecnologías encontradas, 43 están acreditadas, pero solo 20 de ellas están disponibles actualmente en el mercado y 23 de ellas ya no lo están. De las 43 tecnologías acreditadas, 32 están acreditadas por ALSC (USA), 21 por CLSAB (Canadá) y 15 por CEN (Europa). Así entonces, de las 55 tecnologías encontradas 12 no están acreditadas por ninguna de las tres entidades autorizadas.

Estas 55 tecnologías utilizan alguno de los tres métodos de estimación del Módulo de Elasticidad (MOE): Flexión, Sonido y Multisensores (Rayos X, Sonido, Láser, cámaras).

Hasta el año 2003 sobre el 95% del total de *machine stress graders* vendidas en el mundo estaban basadas sobre el principio de flexión *flatwise*, dominado por Computermatic y Cook-Bolinder, sin embargo en la actualidad dos convencionales tecnologías han desaparecido del mercado: *Cook Bolinder* de TECMACH Ltd/USA y *Raute TimGrader* de VTT Technical Research Centre/Finlandia, seguidas por Ersson ESG-240 *Strength Grader* de John Ersson Engineering AB/Suecia, *Dart M.S.R Testing Machine* de Eldeco Pty Ltd/Australia y *Stress-O-Matic* de Industrial Woodworking Machines-CROW/USA. Solo cuatro modelos que utilizan el principio de flexión mecánica y que están acreditados están disponibles en el mercado actual: *Computermatic and Micromatic* de Measuring and Process Control Ltd/Inglaterra, 7200 HCLT (*High Capacity Lumber Tester*) de Metriguard Inc /USA, *CRP 360 MSR Testing Machine de Conception RP and Automatisé JRT/Canadá* y *Transverse MSR Grader - TMG 16 630* de Centre de Recherche Industrielle du Quebec/Canadá.

Por otra parte, las tecnologías que utilizan el principio de resonancia han proliferado con gran éxito, detectando al menos 27 modelos. Este es el caso de *Dynagrede* y *Precigrade de Dynalyse AB/Suecia*, *VISCAN* y *VISCAN PLUS* de Microtec/Italia, *2350 Sonic Grader de Metriguard/USA*, *Triomatic* de Concept Bois Structure SARL/Francia, *E-Scan de Luxscan/Luxemburgo*, *A-Grader* de Falgon Engineering/Nueva Zelanda, y *Timber Grader MTG (960 y 920) / MTG Batch/ MTG ESCAN (60, 120 y 180)* de Brookhuis Micro Electronics/Holanda.

Las tecnologías que utilizan multisensores (rayos x, láser, cámaras color, sonido), han ganado un espacio importante, ya que permiten una mejor estimación de Módulo de Elasticidad, debido a que considera las características de la madera (nudos, densidad, pudriciones). Este es el caso de *GoldenEye (702, 706)* de Microtec/Italia, *WoodEye* de Microtec/Italia (no acreditada), *GradeScan* de Lucidyne Technologies INC/USA y *LHG: XLG with E-Valuator* de USNR/USA.

Finalmente, 24 tecnologías acreditadas por las instituciones pertinentes, manufacturadas por 15 fabricantes, fueron descritas detalladamente; 12 de estos fabricantes y 20 de sus modelos se encuentran disponibles en el mercado de proveedores de tecnología para la industria de la madera.

Se diseñó una ficha con formato tipo, en el cual se indica: Fabricantes (nombre, dirección, país de origen, pagina web), *Background* del fabricante (historia y posición en el mercado, modelo que fabrica), contacto para consultas específicas (costos de operación y mantención, precio, representante en Chile); Descripción de la máquina según su Modelo, Fecha de Certificación, Acreditada por; Fotografía; Países donde opera; Grados estructurales; Limitaciones de operación y Principio de operación.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	METODOLOGÍA	1
2.1	Descripción de los Productos Estructurales	1
2.1.1	Dimensiones de la Madera Estructural.....	1
2.1.2	Grados de Clasificación Mecánica	2
2.1.2.1	Grados de Clasificación Mecánica para Norte América (Estados Unidos y Canadá)....	2
2.1.2.2	Grados de clasificación mecánica para Europa.	2
2.1.2.3	Grados de Clasificación Mecánica para Australasia (Australia y Nueva Zelandia)	3
2.2	Métodos de Clasificación de la Madera Estructural	4
2.3	Institucionalidad para la Estandarización de los Productos Estructurales.....	6
2.3.1	Institucionalidad en Estados Unidos y Canadá	6
2.3.1.1	American Lumber Standards Committee (ALSC)	7
2.3.1.2	Canadian Lumber Grading System	7
2.3.1.2.1	Canadian Lumber Standards Accreditation Board (CLSAB).....	7
2.3.1.2.2	National Lumber Grades Authority (NLGA).....	7
2.3.2	Institucionalidad en Europa	8
2.3.2.1	European Committee for Standardization (CEN)	8
2.3.3	Institucionalidad en Australia y Nueva Zelanda (AS/NZS).....	8
2.3.3.1	Australian/New Zealand Standards	8
2.3.3.1.1	Standards Australia	8
2.3.3.1.2	Standards New Zealand.....	9
2.4	Especies Forestales para la Producción de Madera Estructural según Mercado	9
2.5	Métodos de Medición del Módulo de Elasticidad (MOE).....	9
2.5.1	Método de Flexión.....	10
2.5.2	Método Ultrasonido (velocidad del sonido)	10
2.5.3	Método Vibración (frecuencia de la vibración)	10
2.5.4	Métodos Multisensoriales	11
3.	TECNOLOGÍAS MACHINE STRESS GRADING (MSG)	12
3.1	Tecnologías Machine Stress Grading Encontradas	12
3.2	Ranking de Tecnologías Machine Stress Grading	17
3.3	Descripción de tecnologías acreditadas (disponibles y no disponibles).	17
3.4	Fichas Informativas.....	18
4.	CONCLUSIONES.....	48
5.	REFERENCIAS.....	50
	APÉNDICE	52

1. INTRODUCCIÓN

Los productos de madera aserrada sólida se agrupan en tres categorías de productos: *Framing* o Madera Estructural, la cual es graduada por su resistencia al esfuerzo (*Strength*); *Appearance* o Madera de Apariencia, la cual no es graduada por su resistencia al esfuerzo; e *Industrial/Factory Lumber* o Madera para Reproceso, la cual es generalmente graduada para usos finales específicos o para remanufactura y propósitos de recuperación. Cada una de estas categorías tiene para cada país y especie su respectivo proceso de acreditación, norma de clasificación, grados de calidad y usos finales (Western Wood Products Association, 2008).

La Madera Estructural (*Framing*) como su nombre lo indica, incluye los grados de calidad para un propósito de aplicación estructural, cuyas piezas de madera (tablas) son graduadas en forma mecánica y/o visual, sobre la base de su resistencia al esfuerzo (*strength*); cada especie y grado de calidad (*grade*) tiene un “valor de diseño asignado”. A su vez, la Madera Estructural se subdivide en tres grupos: *Dimension lumber*, *Special Dimension lumber* y *Timber*. Los grados de calidad dentro de estos grupos tienen un propósito de aplicación estructural en relación a su comportamiento bajo sollicitación de carga, en donde la madera para construcción habitacional está inserta en el grupo *Dimensión lumber* (Western Wood Products Association, 2008).

Los principales mercados para la madera estructural son Estados Unidos, Canadá, Europa, Japón, Inglaterra, Australia y Nueva Zelanda, con una demanda conjunta de aproximadamente 100 millones de metros cúbicos anuales, siendo utilizada principalmente para la construcción de casas de alto estándar, las cuales se encuentran normadas por los *Building Codes*. En estos países, la construcción habitacional en madera es del orden del 60 al 95% del total. En Chile en tanto, la construcción de viviendas con estructura de madera, representan tan solo el 20%, lo cual se debe principalmente por la carencia de estandarización en aspectos como su capacidad estructural, contenido de humedad, tolerancia dimensional y calidad de los tratamientos de preservación, entre otros.

En el país, las empresas de los grupos Arauco y CMPC han producido madera estructural para exportación y nacional desde fines de la década del 90, la que ha sido exportada principalmente a Inglaterra, Escocia, Lituania y Estados Unidos. En el mercado nacional, la oferta es acotada y de una escasa variedad sobre todo esto se observa en las cadenas de *retail* (SODIMAC y Easy). Por otra parte, CMPC se ha involucrado en la reconstrucción de Chañaral, aportando madera estructural certificada con la norma europea.

En Estados Unidos, la cadena de producción y venta de madera de coníferas (*softwood*) está regulado por el *American Lumber Standard Committee* (ALSC, 2007) y bajo las especificaciones de la norma *US Voluntary Softwood Standard-Product Standards 20 (PS 20)* (David et al. 1999), en Canadá por la *Canadian Lumber Standards Accreditation Board* (CLSAB, 2016) y bajo las especificaciones de la norma *Canadian Standards Association 0141 (CSA 0141)*, en Europa por la *European Committee for Standardization* (CEN, 2009) y bajo las especificaciones de la Norma *European Standard 14081 (EN 14081)*, en Australia y Nueva Zelanda por *Joint Technical Committee TM-003*, en representación de *Council of Standard Australia* y *Council of Standard New Zealand* y bajo las especificaciones de la norma *Australia/New Zealand Standard 1748 (AS/NZS 1748)*.

El presente trabajo se enfocó en la descripción de las tecnologías acreditadas para la producción y comercialización de la madera estructural en tres de los principales mercados productores y consumidores de madera estructural; Norte América (Estados Unidos y Canadá), Europa y Australasia (Australia y Nueva Zelandia). Sin embargo, primeramente, se entrega una serie de antecedentes generales involucrados en la problemática de la madera estructural, con la finalidad de entendimiento global. Se abordan los siguientes temas: Descripción de los productos estructurales (dimensiones y grados), métodos de clasificación de la madera estructural e Institucionalidad para la estandarización de los productos estructurales.

2. METODOLOGÍA

2.1 Descripción de los Productos Estructurales

2.1.1 Dimensiones de la Madera Estructural

Las maderas estructurales normalmente incluyen productos con espesor nominal de 2” a 4” y ancho nominal de 2” y más. Sin embargo, las maderas estructurales para construcción habitacional, que utilizan la clasificación mecánica (MSG) son de espesor nominal de 2” y menos y ancho nominal de 2” y más (*Southern Pine Inspection Bureau*, 2018).

2.1.2 Grados de Clasificación Mecánica

La clasificación mecánica por máquina conocida con el término en idioma inglés como *Machine Stress Grading* o *Rating* (MSR), se basa en la determinación de la elasticidad o rigidez de la madera y en la posterior predicción de su resistencia mediante el uso de relaciones conocidas entre ambas variables (Fernández-Golfín *et al.*, 2001).

La posibilidad de usar diversos métodos y técnicas para determinar el módulo de elasticidad o la rigidez de la madera es el origen de las diversas técnicas de clasificación automática que existen en la actualidad (Fernández-Golfín *et al.*, 2001), las cuales varían de país en país o según el mercado que pretendan abordar.

2.1.2.1 Grados de Clasificación Mecánica para Norte América (Estados Unidos y Canadá)

La madera estructural proveniente de Canadá y Estados Unidos, puede ser usada en forma intercambiable entre ambos países. En ambos países se utiliza el Sistema de Graduación *Machine Stress-Rated* (MSR), en el cual los grados son asignados según la nomenclatura “fb-E”, lo cual significa para *fiber stress in bending* (fb) lo cual se traduce como resistencia de la fibra en flexión y la letra E indica al módulo de Elasticidad (*West Coast Lumber Inspection Bureau*, 2004; *Southern Forest Products Association*, 2013; *Quebec Forestry Council*, 2017).

Un ejemplo de esta nomenclatura, se puede mostrar para el caso de un grado MSR, el cual por lo general se asigna como 2400fb-2.0E, y significa que el valor de diseño para sollicitación en flexión es de 2400 psi y el valor del módulo de elasticidad corresponde a 2 millones de psi. Esto también significa que cualquier madera con el grado MSR 2400fb-2.0E, tiene ese valor de diseño asignado, además los diferentes grados MSR para madera con propósitos estructurales se resume en el Cuadro N° 1.

2.1.2.2 Grados de Clasificación Mecánica para Europa³.

El sistema europeo de *Machine-Stress-Grading* define 12 clases de *strength* para clasificar la madera aserrada de uso estructural de coníferas, denominados grados “C”, lo cuales corresponden a: C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 y C50. La letra C denota que la madera corresponde a una conífera y el número añadido se refiere al valor característico de resistencia en flexión, expresado en mega Pascales (MPa).

Por ejemplo, la clase C24 indica que corresponde a una especie de conífera cuyo valor característico de resistencia en flexión es 24 MPa (Cuadro N° 2).

³ Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Latvia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Portugal, Rumanía, Eslovenia, España, Suecia, Suiza y Reino Unido.

Cuadro N° 1
GRADOS ESTRUCTURALES PARA ESTADOS UNIDOS Y CANADÁ (MSR)

MSR Grades	Mean Modulus of Elasticity		Minimun Modulus of Elasticity		Modulus of Rupture		Ultimate Tensile Strength		Compression Paralell to Grain	
	(psi)	(MPa)	(psi)	(MPa)	(psi)	(MPa)	(psi)	(MPa)	(psi)	(MPa)
1200Fb-1.2E	1.200.000	8.274	984.000	6.784	2.520	17,4	1.260	8,7	2.660	18,3
1350Fb-1.3E	1.300.000	8.963	1.066.000	7.350	2.835	19,6	1.575	10,9	3.040	21
1450Fb-1.3E	1.300.000	8.963	1.066.000	7.350	3.045	21	1.680	11,6	3.088	21,3
1500Fb-1.4E	1.400.000	9.653	1.148.000	7.915	3.150	21,7	1.890	13	3.135	21,6
1650Fb-1.5E	1.500.000	10.342	1.230.000	8.481	3.465	23,9	2.142	14,8	3.230	22,3
1800Fb-1.6E	1.600.000	11.032	1.312.000	9.046	3.780	26,1	2.467	17	3.325	22,9
1950Fb-1.7E	1.700.000	11.721	1.394.000	9.611	4.095	28,2	2.887	19,9	3.420	23,6
2100Fb-1.8E	1.800.000	12.411	1.476.000	10.177	4.410	30,4	3.307	22,8	3.562	24,6
2250Fb-1.9E	1.900.000	13.100	1.558.000	10.742	4.725	32,6	3.675	25,3	3.658	25,2
2400Fb-2.0E	2.000.000	13.789	1.640.000	11.307	5.040	34,7	4.042	27,9	3.752	25,9
2550Fb-2.1E	2.100.000	14.479	1.722.000	11.873	5.355	36,9	4.305	29,7	3.848	26,5
2700Fb-2.2E	2.200.000	15.168	1.804.000	12.438	5.670	39,1	4.515	31,1	3.990	27,5
2850Fb-2.3E	2.300.000	15.858	1.886.000	13.003	5.985	41,3	4.830	33,3	4.085	28,1
3000Fb-2.4E	2.400.000	16.547	1.968.000	13.569	6.300	43,4	5.040	34,8	4.180	28,8

[1] Specific gravity values are assigned as follows (see section 3.1 of this Standard):

D fir-L (N)	SG values are a fuction of the grade E		S-P-F	SG values are a fuction of the grade E	
	1.2E to 1.9E	SG= 0.49		1.2E to 1.7E	SG= 0.42
	2.0E to 2.2E	SG= 0.53		1.8E to 1.9E	SG= 0.46
	2.3E and higher	SG= 0.57		2.0E and higher	SG= 0.50
Hem-Fir (N)	SG=0.46 (all grades)				

(Fuente: National Lumber Grades Authority, 2017)

Cuadro N° 2
GRADOS ESTRUCTURALES PARA EUROPA (C)

Propiedades	Grados									
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	
Propiedades de resistencia	(MPa)									
Flexión	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	27,0	30,0	35,0	
Tracción paralela a la fibra	8,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	16,0	18,0	21,0	
Tracción perpendicular a la fibra	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
Compresión paralela a la fibra	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	25,0	
Compresión perpendicular a la fibra	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	
Cizalle	3,0	3,2	3,2	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	
Propiedades de rigidez	(GPa)									
Módulo elasticidad medio paralelo a la fibra	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	
Módulo elasticidad paralelo a la fibra (percentil 5%)	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	
Módulo elasticidad medio perpendicular a la fibra	0,2	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	
Módulo de rigidez medio	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	
Densidad	(kg/m³)									
Densidad característica	290	310	320	330	340	350	370	380	400	
Densidad media	350	370	380	390	410	420	450	460	480	

(Fuente: CEN, 2009; González, 2013)

2.1.2.3 Grados de Clasificación Mecánica para Australasia (Australia y Nueva Zelandia)

El sistema australiano de clasificación de madera estructural, utiliza los grados *Machine Grade Pine (MGP)*, el cual fue introducido al mercado en el año 1996 por el Pine Australia (*Plantation Timber Association Australia*) (*WoodSolutions*, 2007). Después de una etapa de pruebas de clasificación por grado en coníferas presentes en Australia (*Pinus radiata*, *Pinus pinaster*, *Pinus elliottii*, *Pinus caribaea*), llevado a cabo por CSIRO⁴ y *State Forests of NSW*, los resultados

⁴ Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia.

permitieron clasificar madera bajo el sistema MGP, permitiendo asegurar las propiedades de la madera y de esta forma diseñar y construir de forma confiable con madera de coníferas para el mercado de la construcción en Australia.

El MGP es una medida del módulo de elasticidad (MOE) en una pieza de madera, el cual toma en cuenta otras propiedades, tales como: *stiffness*, *compressive strength* y *shear strength*. Cuando el módulo de elasticidad es medido por una *machine stress grader*, es posible asignar un grado a la pieza de madera, siendo el número que acompaña a la abreviación de MGP, el módulo de elasticidad medido en la pieza, el cual se clasifica según se indica en el Cuadro N° 3.

Los beneficios de aplicar los grados MGP, no solo están dados por el hecho de tener información precisa sobre las propiedades de las piezas de madera, sino que también permitió a los aserraderos que producen MGP, ser auditados con el fin de asegurar la calidad de la madera producida.

De modo similar, los grados estructurales para maderas elaboradas en Nueva Zelandia se encuentran normados por la NZS 3003 (ver Cuadro N° 4), la cual considera a los grados estructurales MSG 15, 12, 10, 8 y 6. Además incluye el MOE del límite inferior, la resistencia al cizalle y a la compresión perpendicular entre otras (Gaunt, 2004).

Cuadro N° 3
GRADOS ESTRUCTURALES DE AUSTRALIA (MGP)

Grado	Ancho	Espesor	Tensiones Características				Módulo de Elasticidad	Módulo de Rigidez
			Flexión	Tracción Paralela	Cizalle Paralelo	Compresión Paralela		
	(mm)			(MPa)				
MGP 15	70 a 140	35 Y 45	39	18	4,3	30	15.200	1.010
	190		36	17	4,1	29		
	240		33	16	4	28		
	290		31	14	3,8	27		
MGP 12	70 a 140	35 Y 45	28	12	3,5	24	12.700	850
	190		25	12	3,3	23		
	240		24	11	3,2	22		
	290		22	9,9	3,1	22		
MGP 10	70 a 140	35 Y 45	17	7,7	2,6	18	10.000	670
	190		16	7,1	2,5	18		
	240		15	6,6	2,4	17		
	290		14	6,1	2,3	16		

(Fuente: González, 2013)

Cuadro N° 4
GRADOS ESTRUCTURALES DE NUEVA ZELANDA (MSG)

Species	Grade	Moisture Content – Dry (m/c = 16%)				
		Bending Strength	Compression Strength	Tension Strength	Modulus of Elasticity E.	Lower Bound Modulus of Elasticity Elb.
		(MPa)			(GPa)	
Radiata Pine and Douglas Fir	MSG 15	41	35	23	15,2	11,5
	MSG 12	28	25	14	12,0	9,0
	MSG 10	20	20	8	10,0	7,5
	MSG 8	14	18	6	8,0	5,6
	MSG 6	10	16	4	6,0	4,0

(Fuente: Gaunt (2004)).

2.2 Métodos de Clasificación de la Madera Estructural

El objetivo de la clasificación de la madera a través de la resistencia a la carga (*strength*) es para asegurar que una pieza de madera en particular, puesta o utilizada en un específico uso estructural (*structural member*), tendrá la capacidad para soportar una carga de diseño requerida. Para lograr este objetivo, un sistema de clasificación por clases de *strength* ha sido adoptado en cada país.

Para la clasificación estructural, la madera es ordenada en grupos, idealmente con similares propiedades estructurales para uno de estos, sin embargo, inevitablemente hay un amplio rango de propiedades dentro de un grupo y una significativa superposición de propiedades entre grupos.

La clasificación estructural puede ser hecha de varias formas, siendo los métodos más comunes el *Visual Stress-Grading* y *Machine Stress-Grading*. De estos métodos, el segundo es percibido como el más objetivo y eficiente, ya que la única forma para determinar el valor del MOR es destruyendo la pieza, la siguiente mejor alternativa es midiendo el *stiffness* (MOE), el cual mediante un registro y procesamiento computacional permite predecir el MOR (Bengtsson, 2007).

En teoría, cualquier método que permita agrupar las piezas de madera en grupos de similares propiedades estructurales, puede ser usado para clasificar la madera, sin embargo, para que este sea aceptado debe producir resultados consistentes y repetibles. Para lograr este nivel de confianza, reglas de clasificación han sido desarrolladas en muchos países, las cuales se aplican ya sea como *industry standards* o *national standards*.

El *Stress Grading* para madera estructural no es nuevo, aunque *Visual Stress Grading* ha sido usado por más de 90 años (1923), el concepto de *Stress Grading* con la asistencia de una máquina ha sido aplicado comercialmente desde 1960 (Galligan *et al.*, 2000; Bengtsson, 2007).

Los mayores esfuerzos para desarrollar un método industrial factible fueron logrados por *Potlatch Forests, Inc.* (Lewiston, Idaho-USA), *Western Pine Association* (Portland, Oregon-USA), *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (Melbourne, Australia), y *Timber Research Unit of the Council for Scientific and Industrial Research* (South Africa). Cada una de estas organizaciones produjo una máquina de graduación comercial a principios de la era de *Machine Stress Grading* (1960–1970), usando esencialmente el principio de la relación entre *stiffness* y *strength*, el cual permite un sistema de graduación menos orientado a la especie como lo es el sistema de graduación visual. Desde 1996, *Machine Stress Grading* ha logrado un importante uso comercial en los principales países productores de madera estructural, considerados en este trabajo.

Machine Stress Grading se diferencia del *Visual Stress Grading* en que cada pieza de madera es evaluada de manera no destructiva y después de esto, se estampa en la pieza evaluada, su grado a través de una máquina especialmente diseñada por fabricantes reconocidos y acreditados en cada mercado. Sin embargo, a lo anterior, las piezas clasificadas también deben cumplir los requerimientos de la clasificación visual (Bengtsson, 2007) y adicionalmente se requiere de una posterior certificación y control de calidad del módulo de elasticidad (MOE) y del módulo de ruptura (MOR) (Galligan *et al.* 2000).

El proceso de *Machine Stress Grading* requiere de un sistema de chequeo de la calidad, como parte de la operación de la máquina, así su clasificación será uniforme durante todo el tiempo de operación, y la correlación entre los parámetros de clasificación y las propiedades de los productos será asegurada. Este chequeo sobre el comportamiento de la máquina puede ser realizado pasando a través de la máquina, un *calibration sticks* de propiedades conocidas (*machine control*), o a través del comportamiento de la producción, con test destructivos periódicos sobre muestras de maderas clasificadas (*output control*) (Bengtsson, 2007).

Modernas máquinas de clasificación son controladas por computador y registran los datos de clasificación con lo cual asignan un grado para la pieza completa, basado en el mínimo módulo de elasticidad (MOE) capturado en todo el largo de la pieza. El grado es asignado por la máquina y marcado en cada pieza en forma automática.

Un *grader* calificado debe posteriormente chequear visualmente cada pieza y puede desestimar la decisión de la máquina, descartando una pieza de madera si es necesario. El chequeo visual debe ser realizado siempre sobre ambos extremos de la pieza después de haber pasado está a través de la máquina, dado que la máquina no puede determinar el MOE del primer y último metro de cada pieza. En algunos casos hay un tamaño límite de nudos en toda la pieza para asegurar un MOE satisfactorio.

Los procesos de *Machine Stress Grading* pueden ser controlados ya sea por control de máquina (*machine control*) o por control de producción (*output control*). En Europa se utiliza normalmente *machine control*, el cual confía sobre valores fijos de la máquina, determinados por una agencia de clasificación, para todas las máquinas de un tipo específico (Bengtsson, 2007).

En cambio, en Norte América (Canadá y Estados Unidos) se utiliza *output control*, el cual confía sobre pruebas al azar de piezas de madera sobre la línea de producción, para confirmar que la madera reúne el MOE requerido, después de que la pieza ha sido clasificada por la máquina (Bengtsson, 2007).

2.3 Institucionalidad para la Estandarización de los Productos Estructurales

Como se detalla en el Cuadro N° 5, en Estados Unidos todo lo concerniente a la producción y venta de madera de coníferas (*softwood*) es regulado por el *American Lumber Standard Committee* (ALSC) y bajo la especificaciones de la norma *US Voluntary Softwood Standard-Product Standards 20* (PS 20) (David *et al.* 1999), en Canadá por el *Canadian Lumber Standards Accreditation Board* (CLSAB) y bajo las especificaciones de la norma *Canadian Standards Association 0141* (CSA 0141), en Europa por el *European Committee for Standardization* (CEN) y bajo las especificaciones de la norma *European Standard 14081* (EN 14081), en Australia y Nueva Zelanda por el *Joint Technical Committee* TM-003, en representación del *Council of Standard Australia* y *Council of Standard New Zealand* y bajo las especificaciones de la norma *Australia/New Zealand Standard 1748* (AS/NZS 1748).

Cuadro N° 5
INSTITUCIONALIDAD PARA LOS PRODUCTOS ESTRUCTURALES EN USA, CANADÁ Y EUROPA

Mercado	Instituciones	Norma Base	Norma Estructural
Estados Unidos	-American Lumber Standard Committee, Incorporated (ALSC) -National Institute for Standards and Technology (NIST) -National Grading Rule Committee (NGRC)	American Softwood Lumber Standard PS-20-2015	Machine Graded Lumber Policy November 7, 2014
Canadá	-Canadian Lumber Standards Accreditation Board (CLSAB) -National Lumber Grades Authority (NLGA)	Canadian Softwood Lumber CSA Standard CAN/CSA-O141-05 (R2014)	SPS 2-2017 - NLGA Special Products Standard For Machine Graded Lumber (Revised effective Feb. 15, 2017)
Europa	-COMITÉ EUROPEÉN DE NORMALISATION (CEN) -Technical Committee CEN/TC 124 "Timber structures"		European Standard EN 14081-2009 Strength graded structural timber with rectangular cross section
Australia y Nueva Zelanda	-Technical Committee TM-003 Timber Grading -Council of Standards Australia -Council of Standards New Zealand		-AS/NZS 1748-2011. Timber Stress-graded Product requirements for mechanically stress-graded timber. -AS/NZS 4490 Timber Solid-Stress Graded for Structural purpose-verification of properties.

2.3.1 Institucionalidad en Estados Unidos y Canadá

La madera clasificada como *Dimension Lumber*, *Timbers and Boards* son manufacturadas en Canadá según la *Standard Grading Rules para madera canadiense*, publicadas por *National Lumber Grades Authority* (NLGA). Las especificaciones de la NLGA son aprobadas por el *Canadian Lumber Standards Accreditation Board* en Canadá (CLSAB) y por el *American Lumber Standards Committee en USA* (ALSC). La aprobación en ambos países, se debe a que los grados y tamaños de la madera catalogada como *dimension lumber* son idénticos en Canadá y Estados Unidos. Por lo tanto, la madera manufacturada y medida de acuerdo a la regla de clasificación NLGA es considerada *Standard Lumber* en Canadá y en Estados Unidos y en ambos casos cumple con los requerimientos indicados en el *American Softwood Lumber Standard PS 20-15*, para Estados Unidos, y los indicados en el *Canadian Softwood Lumber CSA Standard CAN/CSA-O141*, para Canadá.

2.3.1.1 American Lumber Standards Committee (ALSC)

Una de las principales funciones del ALSC en Estados Unidos, es mantener actualizado el *American Softwood Lumber Standard PS-20 Voluntary Product Standard PS 20*, siendo su última edición elaborada el año 2015 (PS 20-15). Por lo tanto, la ALSC sirve como un comité permanente para elaborar este documento, el cual es desarrollado en concordancia con los procedimientos para el desarrollo de *Voluntary Product Standards del U.S. Department of Commerce* (Nist, 2015).

Específicamente, la PS-20 establece las escuadrías, la relación verde/seco, método para la asignación de los valores de diseño, nomenclatura industrial, disposiciones de inspección y requerimientos del estampado en la madera de los grados. Por lo que la PS 20 proporciona las bases para las políticas y procedimientos desarrollados por ALSC, el cual una vez confeccionado es publicado por *National Institute for Standards and Technology* (NIST) operado bajo el *U.S. Department of Commerce* (Nist, 2015).

2.3.1.2 Canadian Lumber Grading System

El *Canadian Lumber Grading System* está formado por el *Canadian Lumber Standards Accreditation Board* (CLSAB) y la *National Lumber Grades Authority* (NLGA). Este es un sistema regulatorio transparente que proporciona un continuo aseguramiento a los diseñadores, usuarios y público en general, respecto de que la madera es de la calidad indicada en la estampilla que está en la cara de la pieza de madera (CLSAB, 2017).

2.3.1.2.1 Canadian Lumber Standards Accreditation Board (CLSAB)

El CLSAB es el cuerpo oficial que monitorea la calidad de la madera aserrada de Canadá. Su historia se remonta a fines de 1950, debido a que la Corporación Hipotecaria y de Vivienda de Canadá (CMHC) decidió que la madera debía ser clasificada y rotulada, a través de un sistema nacional organizado para proteger a los compradores de casas.

En 1959 se efectuó la primera reunión de la *Canadian Standards Association* (CSA), *Committee of Standards*, acordando en desarrollar un estándar para la clasificación de la madera de coníferas para la construcción de casas denominado CSA-O141. En 1982 el *Canadian Lumber Standards Accreditation Board* fue reorganizado, con cuatro roles principales: a) Control de identificación y certificación de madera, b) Acreditación y supervisión de las agencias de clasificación de madera, c) Revisión y aprobación de las normas de clasificación y d) Promoción de la aceptación de la madera canadiense en el mercado internacional (Lee *et al.* 2008). En la actualidad el CLSAB es liderado por un directorio cuidadosamente elegido para proporcionar una visión integral con respecto al uso de la madera, por lo que incluye a agentes productores, usuarios, cuerpos de estandarización, organizaciones de investigación, instituciones financieras y al estado (CLSAB, 2017).

La clasificación de madera en Canadá es un sistema integrado el cual incluye a) Entrenamiento y supervisión a los *graders*, b) Normas de clasificación con base consensuada, estandarización de productos y regulación, c) Responsabilidad contractual, d) Revisión de la operación y clasificación de madera en la industria realizada por las agencias acreditadas por la CLSAB y e) Revisión del comportamiento de las agencias acreditadas por CLSAB (CLSAB, 2017).

2.3.1.2.2 National Lumber Grades Authority (NLGA)

Este organismo fue creado el año 1971, con el propósito de escribir, publicar y mantener las normas de clasificación para todas las especies madereras de Canadá, siendo el único cuerpo reconocido normar la clasificación y estandarización de madera en Canadá (Lee *et al.* 2008). Las normas de clasificación de la NLGA son aprobadas y auspiciadas por el *Canadian Lumber Standards Accreditation Board* (CLSAB) y por el *American Lumber Standard Committee*, por lo que esto la hace compatible y aceptada por el Código de Construcción de Canadá y Estados Unidos (ALSC, 2014).

El NLGA Grade Rule, incorpora el National Grade Rule (NGR) Standards para toda la madera estructural catalogada como *dimension lumber* en toda Norte América. Por lo que el NGR establece los grados de madera estandarizados y su nomenclatura para todas las especies comerciales, permitiendo asegurar una oferta de madera uniforme en cuanto es sus especificaciones de diseño y su comportamiento mecánico para toda Norte América (*National Lumber Grades Authority*, 2017). La membresía de la NLGA considera todas las agencias de clasificación de madera operando en Canadá, las cuales están acreditadas por el CLSAB y ALSC, y supervisa las actividades de clasificación de madera de las instalaciones industriales certificadas en Canadá.

En el caso de la madera estructural hay dos normas: 1) CSA-O141, la cual establece las bases para la manufactura de madera canadiense en Canadá (*Canadian Standard Lumber*), su separación en clasificación y grados, su identificación y los medios para asegurar uniformidad y continuidad de la calidad. Este estándar cubre los medios de clasificación, mediciones, tamaño de las piezas, los requerimientos para las reglas de clasificación, los requerimientos básicos para los procedimientos de inspección, los requerimientos para identificación, los medios para la determinación de las propiedades de diseño y la terminología y abreviaciones para la comercialización, y 2) SPS 2-2017 - NLGA *Special Products Standard for Machine Graded Lumber* (*National Lumber Grades Authority*, 2017).

2.3.2 Institucionalidad en Europa

2.3.2.1 European Committee for Standardization (CEN⁵)

Este organismo es una asociación que reúne a los Cuerpos Nacionales de Estandarización de 34 países europeos, siendo una de las tres organizaciones junto con CENLEC y ETSI que han sido oficialmente reconocidas por la Unión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio (EFTA) para ser responsables del desarrollo y definición de *voluntary standards* a nivel europeo. El CEN provee una plataforma para el desarrollo de *European Standards* y otros documentos técnicos en relación a varios tipos de productos, materias, servicios y procesos, apoyando en la estandarización de actividades para un amplio rango de campos y sectores (CEN, 2018).

En el caso de la madera estructural está la norma BS EN 14081-4:2009, la cual fue aprobada el 7 de abril 2009, estando disponible en tres idiomas como versiones oficiales en inglés, francés y alemán.

Para esta norma, la clasificación por grado estructural en la madera mediante la observación de tres propiedades: resistencia, rigidez y densidad (Bengtsson, 2007), sin embargo, los valores característicos son propiedades estadísticas ya que la resistencia y la densidad se describen mediante valores de percentil del 5% y la rigidez mediante el valor medio (David *et al.*, 1999; Bacher, 2008; Oscarsson, 2012). En otras palabras, a pesar de que cada pieza se asigna a un solo grado, las propiedades solo se pueden determinar para la población general de observaciones y no para cada pieza de madera (Bacher, 2008)

Los miembros de CEN son los cuerpos de estandarización nacional de Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Latvia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Rumanía, Eslovenia, España, Suecia, Suiza y Reino Unido (CEN, 2018).

2.3.3 Institucionalidad en Australia y Nueva Zelanda (AS/NZS)

2.3.3.1 Australian/New Zealand Standards

A través de un Memorandum de Entendimiento entre los *Standards Australia* y los *Standards New Zealand*, *Australian/New Zealand Standards* son preparados por el Comité Técnico Conjunto (*Joint Technical Committees TM-003 Timber Grading*) por expertos pertenecientes a la industria, el gobierno, consumidores y otros sectores que pudieran ser considerados de importancia.

Los requerimientos o recomendaciones que están contenidos en los estándares provienen de un consenso de visiones de interés representativas y también consideran comentarios recibidos de otras fuentes. Ellos reflejan la más reciente experiencia científica e industrial. Los *Australian/New Zealand Standards* son continuamente revisados y actualizados después de ser publicados con el propósito de incluir los cambios tecnológicos que ocurran en el tiempo.

En el caso de la madera estructural existe la norma para Australia y Nueva Zelanda, *AS/NZS 1748 Timber Stress-graded Product Requirements for Mechanically Stress-Graded Timber*. Esta norma asociativa entre Australia y Nueva Zelanda, fue preparada por el Comité Técnico TM-003, respecto de *Timber Grading*, y fue aprobada por el *Council of Standards* de Australia el 27 de enero de 2011 y por el *Council of Standards* de New Zealand el 17 de diciembre de 2010. (SAI Global, 2012).

2.3.3.1.1 Standards Australia

Este organismo es una institución independiente que prepara y publica la mayoría de los estándares técnicos y comerciales de carácter voluntario usados en Australia. Estos estándares son desarrollados a través de un proceso

⁵ European Committee for Standardization

abierto, consultivo y consensuado, en el cual todas las partes interesadas son invitadas. A través de un Memorandum de Entendimiento con el gobierno de la Commonwealth, *Standards Australia* es reconocido como el más alto cuerpo de Australia para el desarrollo de estándares de carácter nacional (Standards Australia, 2018).

2.3.3.1.2 Standards New Zealand

La primera organización de estandarización nacional fue creada en Nueva Zelanda en 1932, siendo la *Standards Council of New Zealand* la autoridad nacional responsable para la producción de estándares. Mientras que la *Standards New Zealand* es el área que se preocupa del intercambio comercial del *Standards Council*, establecido bajo el *Standards Act 1988* (*Standards New Zealand*, 2018).

2.4 Especies Forestales para la Producción de Madera Estructural según Mercado

En el Cuadro N° 6 se indican las especies forestales consideradas para madera estructural para cada uno de los mercados analizados.

**Cuadro N° 6
ESPECIES FORESTALES PARA MADERA ESTRUCTURAL**

	Estados Unidos	Canadá	Europa	Australia	Nueva Zelanda
Spruce	<i>Picea sitchensis</i> <i>Picea engelmannii</i>	<i>Picea sitchensis</i> <i>Picea engelmannii</i>	<i>Picea abies</i> <i>Picea sitchensis</i>		
Pine	<i>Pinus contorta</i> <i>Pinus ponderosa</i> <i>Pinus lambertiana</i> <i>Pinus monticola</i>	<i>Pinus contorta</i> <i>Pinus ponderosa</i> <i>Pinus lambertiana</i> <i>Pinus monticola</i>	<i>Pinus nigra</i> <i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus radiata</i> <i>Pinus elliottii</i> <i>Pinus caribaea</i> <i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus radiata</i>
Fir	<i>Abies lasiocarpa</i>	<i>Abies lasiocarpa</i>	<i>Abies alba</i>		
Douglas Fir	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Pseudotsuga menziesii</i>		<i>Pseudotsuga menziesii</i>
Hem Fir	<i>Tsuga heterophylla</i> <i>Abies procera</i> <i>Abies magnifica</i> <i>Abies grandis</i> <i>Abies amabilis</i> <i>Abies concolor</i>				

2.5 Métodos de Medición del Módulo de Elasticidad (MOE)

El módulo de ruptura real de la madera (MOR o resistencia) es posible de medir mediante pruebas destructivas, pero esto ocasiona que la madera evaluada quede inutilizada para su uso en construcción. Por lo tanto, la resistencia de la madera estructural solo puede estimarse a través de pruebas no destructivas, una de ellas es a través de la estimación del módulo de elasticidad (MOE). Esta estimación puede ser apoyada o reforzada a través de la medición del tamaño y ubicación de los nudos, la densidad básica de la madera, el ancho de los anillos de crecimiento y el ángulo del grano.

El módulo de elasticidad (MOE) o *stiffness* puede ser medido casi directamente a través de los siguientes métodos (Auvergne-Promobois, 2012):

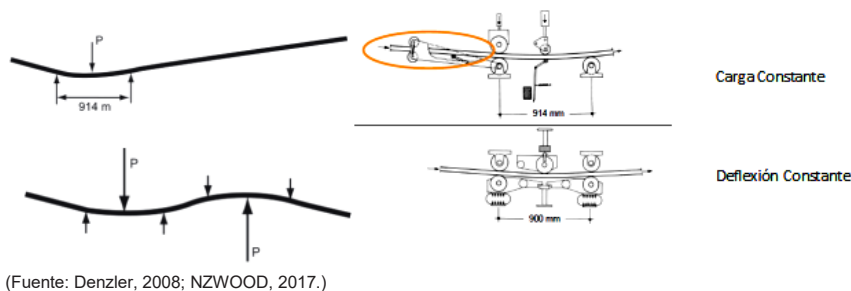
- Máquinas de flexión (flexión de cada pieza como una viga sobre cortos tramos).
- Método de ultrasonido (medición de la velocidad del sonido).
- Método de vibración (medición de la frecuencia natural de vibración después de un corto impacto).

Los métodos de ultrasonido y vibración necesitan contar con la información del largo de la pieza y de la densidad básica de la pieza para calcular el módulo de elasticidad dinámico (Auvergne-Promobois, 2012).

Dado que el MOE muestra dependencia con el valor de la densidad básica y por la presencia de y posición de los nudos, es posible de mejorar la estimación del MOR, mediante mejoras en las *Machine Stress Grading* que incluyen tecnologías multisensoriales, tales como rayos X, sonido, láser, cámaras o combinación de estas (Auvergne-Promobois, 2012):

2.5.1 Método de Flexión

En este caso, para *Machine Stress-Grading* se utiliza una máquina para flectar en el espesor las piezas de madera (*flatwise o minor axis*) (NZWOOD, 2017). La máquina mide el *stiffness* (MOE) de cada pieza y luego emplea una función de correlación entre el *stiffness* (MOE) y el *strength* (MOR) para asignar un grado de *stiffness* (Denzler, 2008). En la Figura N° 1 se muestra la forma de operar para este tipo de máquinas, las cuales, pueden funcionar bajo dos diferentes principios, los cuales son de Carga Constante o por Deflexión Constante. El primero determina el *stiffness* a través de la deflexión de la madera con la carga aplicada, mientras que el segundo mide la carga requerida para que la madera se deflecte a una cantidad de milímetros definida (Denzler, 2008).



(Fuente: Denzler, 2008; NZWOOD, 2017.)

Figura N° 1
ESQUEMA DEL MÉTODO DE FLEXIÓN

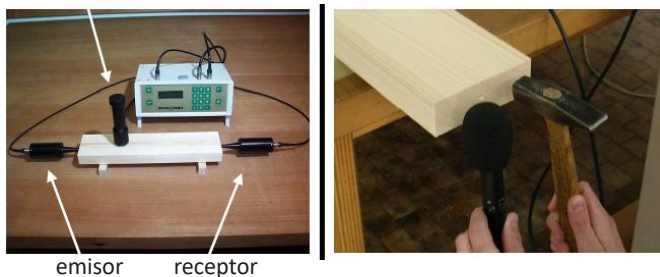
2.5.2 Método Ultrasonido (velocidad del sonido)

Este método ha estado desarrollándose desde 1985, para ser aplicado para estimar el comportamiento mecánico de la madera como material estructural, mediante la obtención del módulo de elasticidad (Denzler, 2008). Actualmente esta tecnología opera en pocas máquinas, destacándose la TRIOMATIC- CBS/Francia.

El método consiste en determinar el módulo de elasticidad a través de la velocidad del sonido, y mediante su correlación con la densidad de la madera ($MOE = V^2 \cdot \rho$) y el contenido de humedad, permite obtener el módulo de elasticidad, mostrando que, a una elevada velocidad de propagación del sonido en la pieza de madera, se obtendrán valores del MOE mayores. En la Figura N° 2 se ilustra la forma de trabajo de este método (Denzler, 2008).

Ultrasonido

Vibración



emisor receptor

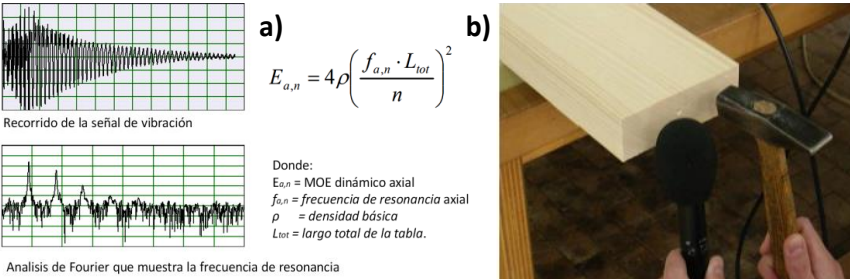
(Fuente: Denzler, 2008)

Figura N° 2
PROTOTIPO DE LABORATORIO DEL MÉTODO ULTRASONIDO (VELOCIDAD DEL SONIDO).

2.5.3 Método Vibración (frecuencia de la vibración)

Este método ocupa el mismo principio que el método de ultrasonido (velocidad del sonido), pero trabaja con la medición de la frecuencia de resonancia de una vibración longitudinal (ondas del sonido *Eigen-frequency*) producida por el impacto de una bola de acero en un extremo de la pieza, la cual se mide a través de un láser interferómetro y con una interpretación a través del análisis de Fourier (Giudiceandrea, 2006). Las tecnologías disponibles trabajan normalmente con un pequeño martillo que golpea la madera en uno de sus extremos, mientras un láser interferómetro mide la

oscilación de las ondas directamente sobre la tabla de madera, requiriendo de la densidad o bien del largo de la pieza. Un esquema de este método se indica en la Figura N° 3.



(Fuente: Giudiceandrea, 2006)

(Fuente: Denzler, 2008).

Figura N° 3
ESQUEMA DEL MÉTODO DE RESONANCIA (LONGITUDINAL RESONANCE) (a)
EQUIPO PARA DETERMINAR EL MODULO DE ELASTICIDAD POR ULTRASONIDO Y FRECUENCIA (b)

2.5.4 Métodos Multisensoriales

Dado que el método de flexión no puede detectar el tamaño y posición de los nudos, defectos y propiedades de la madera, los métodos que utilizan el sonido como base para determinar el MOE, requieren del valor de la densidad de la madera (medida de forma directa o indirecta), lo cual se ha solucionado con los avances de las nuevas tecnologías en base a mecanismos multisensoriales, que combinan Rayos X, sonido, láser (triangulación y *scattering*) y cámaras de color. La combinación de más métodos no destructivos, permiten una mayor precisión en la determinación de la resistencia de la madera a la carga (*MOR-Strength*). Así, por ejemplo, escáner de rayos X, en combinación con la determinación de la frecuencia de resonancia y un escáner láser, predice la resistencia de la madera (*strength*) basada en la densidad, nudos, ángulo del grano y módulo de elasticidad dinámico (MOE). Este método permite evaluar en toda la longitud de la pieza mediante un escáner de Rayos x y un láser, y de igual forma por el dispositivo de frecuencia de resonancia, lo cual se indica en la Figura 4. Esta tecnología se diferencia los métodos tradicionales de *Machine Stress Grading*, ya que estos solo utilizan una carga en flexión y que no permiten evaluar en los extremos de la pieza y además requieren de una clasificación visual para asegurar el grado asignado por la máquina (Denzler, 2008).

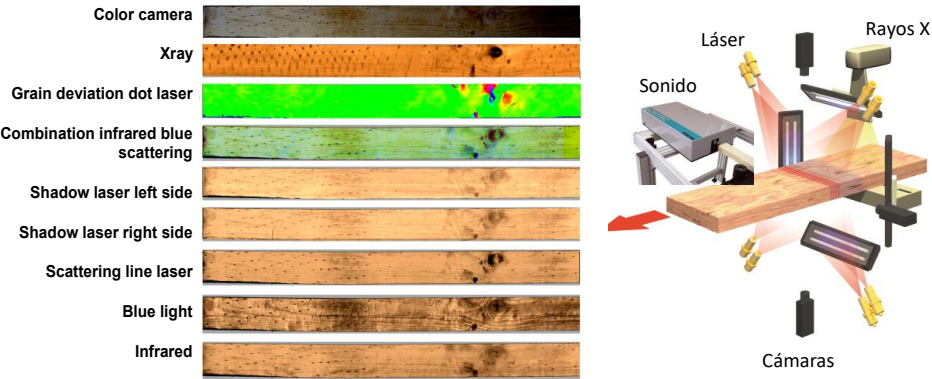


Figura N° 4
ILUSTRACIÓN DEL MÉTODO DE MULTISENSORIAL

En el Cuadro N° 7 se hace una comparación entre métodos de medición del módulo de elasticidad, identificando ventajas y desventajas de cada uno.

Cuadro N° 7
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA MÉTODO DE MEDICIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

Método	Ventaja	Desventaja
Flexión	Bajo costo Carga probada	Lento Zonas sin evaluar (ambos finales) Límite de tamaño máximo
Sonido	Barato Rápido Evaluación de toda la pieza	Carga no probada No Identifica zonas débiles
Rayos x	Rápido Evaluación de toda la pieza Identifica zonas débiles	Costoso Carga no probada

(Fuente: Denzler, 2008)

3. TECNOLOGÍAS *MACHINE STRESS GRADING* (MSG)

En Europa, USA y Canadá, las tecnologías utilizadas para la clasificación automática de la madera estructural a través del proceso *Machine Stress Grading* deben ser acreditadas por los organismos pertinentes, siendo estos:

- *European Committee for Standardization* (CEN).
- *American Lumber Standards Committee* (ALSC).
- *Canadian Lumber Standards Accreditation Board* (CLSAB).

Solo de esta forma un productor de madera aserrada estructural puede participar en dichos mercados. Por esta razón, antes de realizar la compra de alguna tecnología disponible, es recomendable contactarse con estas agencias para obtener información actualizada de ellas para el mercado en el cual se desea participar.

En Australia y Nueva Zelanda no existe un listado de las tecnologías acreditadas para el proceso *Machine Stress Grading* por los *Australian Standards*/*New Zealand Standards* (AS/NZS), no obstante, es requisito que el productor identifique el grado de calidad de la madera, es decir no hay requisito sobre las máquinas, pero sí que ellas cumplan con los requisitos sobre la madera, indicados en las normas pertinentes.

3.1 Tecnologías *Machine Stress Grading* Encontradas

La información consultada arrojó un total de 27 fabricantes y 55 tecnologías para la clasificación automática de la madera estructural mediante el proceso *Machine Stress Grading*, las que se indican en el Cuadro N° 8.

Del total de las tecnologías encontradas, 43 están acreditadas, pero solo 20 de ellas están disponibles actualmente en el mercado, las que se indican en el Cuadro N° 8, mientras que 23 de ellas ya no se encuentran disponibles en el mercado, siendo estas indicadas en el Cuadro N° 9. De las 43 tecnologías acreditadas, 32 lo están por ALSC (USA), 21 por CLSAB (Canadá) y 15 por CEN (Europa).

Así entonces, de las 55 tecnologías encontradas, 12 no se encuentran acreditadas por ninguna de las tres entidades autorizadas, las que se resumen en el Cuadro N° 10.

Estas 55 tecnologías utilizan alguno de los tres métodos de estimación del Módulo de Elasticidad (MOE): Flexión, Sonido y Multisensores (Rayos X, Sonido, Láser, cámaras).

En Apéndice se presentan todas las tecnologías encontradas.

Cuadro N° 8
TECNOLOGÍAS ACREDITADAS Y DISPONIBLES

Fabricante	Modelo	Principio de Medición
Measuring and Process Control Ltd/Inglaterra	Computermatic and Micromatic	Flatwise bending, measurement of deflection
Microtec/Italia	GoldenEye702	X-ray
Microtec/Italia	GoldenEye706	X-ray and vibrations
Microtec/Italia	VISCAN	Vibration
Microtec/Italia	VISCAN PLUS	X-ray and vibrations
Dynalyse AB/Suecia	Dynagrade	Vibrations in longitudinal direction
Dynalyse AB/Suecia	Precigrader	Vibration+density
USNR COE Newnes/McGehee/USA	LHG:XLG with E-Valuator	X-ray and vibrations
Metriguard Inc /USA	7200 HCLT(High Capacity Lumber Tester)	Flatwise bending, measurement of load
Metriguard Inc /USA	Model 2350 Sonic Grader	Sonido + Densidad
Concept Bois Structure SARL/Francia	Triomatic	Ultrasonic waves
Weinig Luxscan technologies/Luxenburgo	E-Scan FWM/FW	Vibration+density
Conception RP Automatisatión JRT/Canadá	JRT CRP 360L MSR Machine	Bending, measurement of deflection
Conception RP Automatisatión JRT/Canadá	CRP 360 MSR Testing Machine	Bending, measurement of deflection
Centre de Recherche Industrielle du Quebec/Canadá	Transverse MSR Grader -TMG 16 630	Flatwise bending
Falcon Engineering Ltd/Nueva Zelanda	A-Grader	Vibration
Lucidyne Technologies INC/USA	GradeScan	Imagen
Brookhuis Micro Electronics/Holanda	Timber Grader MTG (960 y 920)	Vibration
Brookhuis Micro Electronics/Holanda	MTG Batch	Vibration
Brookhuis Micro Electronics/Holanda	MTG ESCAN (60,120 y 180)	Vibration

Cuadro N° 9
TECNOLOGÍAS ACREDITADAS Y NO DISPONIBLES

Fabricante	Modelo	Principio de Medición
Tecmach Ltd. England	CookBolinders Model SG-TF NA/Techmach	Flatwise bending, measurement of load
Dimter/Alemania	Grademaster	Vibration and scanning
Microtec/Italia	GoldenEye Lumber Grader Machine (2)	X-ray
Microtec/Italia	EuroGreComat702	X-ray
Microtec/Italia	EuroGreComat704	X-ray and bending
Microtec/Italia	EuroGreComat706	X-ray and vibrations
No encontrado su fabricante	VM Grader 1.0	Visual grading & gravimetric density
VTT Technical Research Centre of Finland/Finland	Raute Timgrader	Flatwise bending, measurement of load
USN Newnes Machine Ltd/USA	XLG (X-Ray Lumber Gauge)	X-ray
John Ersson Engineering AB/Suecia	Ersson ESG-240 Strength Grader	Flatwise bending, measurement of load
Metriguard Inc /USA	Model 3300 Transverse Vibration E-Computer	Vibration
Metriguard Inc /USA	Model 340 Transverse Vibration E-Computer	Vibration
Metriguard Inc /USA	C-L-T-Continuous Lumber Tester	Flatwise bending, measurement of load
Eldeco Pty Ltd/Australia	Dart M.S.R Testing Machine	Flatwise bending, measurement of deflection
Industrial Woodworking Machines-CROW/USA	Stress-O-Matic	Bending
Centre de Recherche Industrielle du Quebec/Canadá	Transverse MSR Grader-TMG	Flatwise bending
Centre de Recherche Industrielle du Quebec/Canadá	Transverse MSR Grader-TMG-12	Flatwise bending
Weyerhaeuser/USA	RE-I (llamado Stand Alone Thumper Strength Grader)	
Weyerhaeuser/USA	RE-II (llamado XLG/LHG+Thumper Strength Grader)	
Weyerhaeuser/USA	RE-III MSR Machine (llamado Thumper III)	
Calibre Equipment Limited/Nueva Zelanda	Ecoustic Board Grader	Sonido + Densidad
Wescalco	Model 21250LC1	
Wescalco	Model #2 (ETB-2)	

Cuadro N° 10
TECNOLOGÍAS NO ACREDITADAS Y DISPONIBLES

Fabricante	Modelo	Principio de Medición
Microtec/Italia	GoldenEye801	X-ray and laser scanner
Microtec/Italia	GoldenEye802	X-ray and laser scanner
VTT Technical Research Centre/Finland	Sylvatest	Ultrasonic waves
SARL Esteves/Francia	Noesys	Vibration
Xylomeca/Francia	Xyloclass T	Vibration
Xylomeca/Francia	Xyloclass F	Vibration
Falcon Engineering Ltd/Nueva Zelanda	E-Grader	Edgewise bending
Rosén&Co/Suecia	Rosegrade	Vibration+density
Rosén&Co/Suecia	Rosegrade Plus	Vibration+density
Innodura/Francia	E-CONTROL-AC	Vibration+density
Microtec/Italia	WoodEye	Vibration+density+láser tracheid
RemaSawco AB/Suecia	RS Strength Grader	Laser tracheid

La información recopilada para Estados Unidos fue extraída desde la página web del *American Lumber Standard Committee* (www.alsc.org), con fecha 27 diciembre 2017, siendo su última actualización en abril 2014 (ALSC, 2017).

Al comparar dicho listado oficial de fabricantes y tecnologías acreditadas, con la Información entrega por Ross (2015), es posible identificar que ciertos fabricantes han dejado de participar en el mercado de maquinarias para clasificación por MSG, los cuales se indican a continuación:

- *Industrial Woodworking Machines* (CROW)/USA: modelo STRESS-O-MATIC.
- *TECMACH-CookBolinder*/Inglaterra: modelo Cook Bolinder SG-TF.
- *Eldeco Pty/Australia*: modelo Dart M.S.R testing Machine.
- *John Ersson Engineering* AB/Suecia: modelo Ersson ESG 240-Strength Grader.
- *Coe Newnes/McGehee*: modelo LHG-XLG E-Evaluator.

De igual forma, la información recopilada para Canadá, fue extraída desde la página web de la *Canadian Lumber Standards Accreditation Board*, (CLSAB, 2017), con fecha 27 diciembre 2017, siendo su última actualización en abril 2014. Para el caso de Europa, la información recopilada fue extraída desde la norma EN 14081-4 publicada por *European Committee for Standardization* (CEN, 2017), con fecha 14 agosto 2017, cuya última actualización se realizó en septiembre 2009, la cual es considerada información oficial respecto de los fabricantes y tecnologías acreditadas.

Al comparar dicho listado con la Información entrega por Ridley (2017), considerada no oficial, es posible constatar que en este último listado (en que el autor indica que son máquinas aprobadas a enero 2017 en Europa) hay varios modelos que no se encuentran en la lista de la norma EN 14081-4, los cuales se indican a continuación ordenados por fabricante y modelo:

- **MICROTEC-Italia**

- Viscan Plus:** *Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness with density]. Maximum feed speed 180 pieces/min.*
- Viscan Compact:** *Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness with density]. Maximum feed speed 35 pieces/min.*

-Viscan portable with balance: A portable grading machine Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness with density]. Maximum feed speed not stated (manual operation).
-Viscan portable without balance: A portable grading machine. Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness without density]. Maximum feed speed not stated (manual operation).

- **XYLOMECA-Francia (www.xylomeca.fr)**

-Xyloclass T: Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness with density] Maximum feed speed 50 pieces/min.
-Xyloclass F: Acoustic type machine (flexural resonance) [dynamic stiffness with density] Maximum feed speed 20 pieces/min.

- **Brookhuis Applied Technologies BV-Holanda.**

-MTG 920 (MTG without balance) A handheld portable grading machine Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness without density] Maximum feed speed not stated (manual operation).
-MTGbatch 962/966 (with balance) Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness with density] Maximum feed speed 30 pieces/min.
-MTGbatch 922/926 (without balance) Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness without density] Maximum feed speed 30 pieces/min.

- **Automatization J.R.T Inc-Canadá** (pertenece al grupo Conception RP).

-CRP 360L: Mechanical bending type machine (minor axis) [mechanical stiffness] Maximum feed speed 250 m/min.

- **Rosén & Co Maskin AB-Suecia.**

-Rosegrade: Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness without density] Maximum feed speed 100 pieces/min.
-Rosgrade plus: Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness with density] Maximum feed speed 100 pieces/min.

- **Innodura-Francia.**

-E-CONTROL model AC: Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness with density]. Maximum feed speed 80 pieces/min (10 pieces/min for semi-automatic version).

- **SARL Esteves-Francia.**

-Noesys: Acoustic type machine (edgewise flexural resonance) [dynamic stiffness with density] maximum feed speed 4 pieces/min

- **Innovativ Vision AB-Suecia** (Adquirido por Microtec-Springer).

-WoodEye Strength Grader: Acoustic type machine (longitudinal resonance) [dynamic stiffness with density] combined with Laser tracheid effect type machine [slope of grain]. Maximum feed speed 180 pieces/min and 450 m/min.

- **RemaSawco AB-Suecia.**

-RS Strength Grader: Laser tracheid effect type machine [slope of grain] Maximum feed speed 150 pieces/min.

3.2 Ranking de Tecnologías *Machine Stress Grading*

Sobre el 95% del total de *Machine Stress Graders* vendidas en el mundo, están basadas sobre el principio de flexión *flatwise*. Internacionalmente las tecnologías que se muestran en el Cuadro N° 11 se encontraban disponibles y en uso hasta el año 2003 (Gaunt y Van Wyk, 2003; Landersson y Larsen, 2003), entre varias otras, cuya participación en el mercado se evidencia por el número de unidades vendidas.

CUADRO N° 11
RANKING DE TECNOLOGÍAS MACHINE STRESS GRADING

Fabricante	Modelo	Cantidad Vendida en el Mundo		Principio Medición
		1995 - 2000	2003	
Measuring and Process Control Ltd/Inglaterra	Computermatic/Micromatic	137	153	Flexión flatwise Medición deflexión cada 914mm. Carga Constante
Metriguard Inc/USA	CLT y 7200 HCLT	59	100	Flexión flatwise Medición carga. Deflexión Constante
TECMACH/Inglaterra	CookBolinder	66	66	Flexión flatwise Medición carga cada 900mm. Deflexión Constante
Dynalyse AB/Suecia	Dynagrade	30	30	Medición vibración resonancia longitudinal. Respuesta tomada por micrófono.
USNR-Ex Newnes Machine Ltd/USA	X-Ray Lumber Gauge	25	25	Rayos X con 11 detectores
Eldeco Pty Ltd/Australia	Dart MSR (Australia, Nueva Zelanda y Canadá)	-	22	Flexión flatwise-Medición deflexión. Carga Constante
VTT Technical Research Centre /Finland	Raute Timbergrader (principalmente Finlandia)	19	19	Flexión flatwise-Medición carga cada 510mm. Deflexión Constante
Microtec/Italia	EuroGrecomat (principalmente Alemania)	6	6	Flexión flatwise-Medición carga y deflexión cada 700 o 900mm. Rayos X para densidad y nudos
John Ersson Engineering AB/Suecia	Ersson ESG-240	8	8	Flexión flatwise-Medición de carga. Deflexión constante
Dimter Maschineen fabric/Alemania	GradeMaster 403	5	5	Medición de vibración de resonancia longitudinal.

Otras fuentes de información para tecnologías de este tipo indican lo siguiente:

- Calibre Equipment NZ/Baxley Equipment-US: Modelo Ecooustic Board Grader: 19 equipos en USA y Canadá.
- Dynalisse Suecia: Modelo Dynagrade y Precigrade: 170 equipos en 10 países.
- Falcon Engineering NZ: Modelo A Grader: 14 equipos en Nueva Zelanda.

3.3 Descripción de Tecnologías Acreditadas (disponibles y no disponibles).

En el Cuadro N° 12, se indican 24 tecnologías acreditadas por las instituciones pertinentes, manufacturadas por 15 fabricantes, las cuales fueron reportadas en la bibliografía de los últimos años; 12 de estos fabricantes y 20 de sus modelos se encuentran disponibles en el mercado de proveedores de tecnológica para la industria de la madera, ya que mantienen páginas web actualizadas, en las cuales es posible encontrar información de sus modelos disponibles.

Cuadro N° 12
TECNOLOGÍAS ACREDITADAS (DISPONIBLES Y NO DISPONIBLES) DESCRITAS EN DETALLE

Fabricantes	Modelo	Principio trabajo	Acreditada por:
Brookhuis Applied Technologies Holanda	Timber Grader MTG 960 con balanza	Vibración-Resonancia+densidad	CEN, ALSC, CLSAB
	Timber Grader MTG 920 sin balanza	Vibración-Resonancia	
	MTG Batch	Vibración-Resonancia+densidad	ALSC, CLSAB
	MTEscan	Vibración-Resonancia+densidad	ALSC, CLSAB
Calibre Equipment Ltd. Nueva Zelanda	Ecoustic Board Grader	Sonido (velocidad del Sonido) + Densidad	ALSC, CLSAB
Concept Bois Structure SARL. Francia	TRIOMATIC	Ultrasonido-Tiempo vuelo	CEN
Conception RP/Automatization J.R.T. Canadá	CRP 360 MSR Grading	Flexión	ALSC, CLSAB
	CRP 360L MSR	Flexión	Ninguna
Centre de Recherche Industrielle du Quebec Canadá	Transversal MSR Grader-TMG 16-630	Flexión	ALSC, CLSAB
Dynalyse AB Suecia	Dynagrade Standard/HC/XHC	Vibración-Resonancia	CEN, ALSC, CLSAB
	Precigrade PG100/PG180	Vibración-Resonancia+densidad	
Falcon Engineering Ltd. Nueva Zelanda	A Grader	Vibración+Densidad	ALSC
Lucidyne Technologies Inc. USA	GradeScan	Imagen Multensoria	ALSC
Measuring and Process Control Ltd. Inglaterra	Computermatic and Micromatic	Flexión	CEN, ALSC, CLSAB
Metriguard Raute Group USA	7200 HCLT	Flexión	ALSC, CLSAB
	2350 Sonic	Sonido-Tiempo vuelo+Desidad	ALSC, CLSAB
Microtec Italia	GoldenEye 702	Rayos X	CEN, ALSC
	GoldenEye 702	Rayos X + Vibración	
	VISCAN	Vibración	
	EuroGrecoMat 704	Rayos X + Flexión	CEN
	VISCAN PLUS (2)	Vibración + Rayos X	ALSC
Tecmach Inglaterra	CookBolinder	Flexión	CEN, ALSC, CLSAB
USNR Söderhamn Eriksson USA	Lineal High Grader E-Valuator Module	Rayos X + Vibración	ALSC, CLSAB
VTT Technical Research Centre Ltd. Finlandia	Raute Timbergrader	Flexión	CEN
Weinig_Luxscan Technologies Sarl. Luxemburgo	EScan (60, 120 y 180)	Vibración-Resonancia+Densidad	CEN

3.4 Fichas Informativas

Para efectuar una descripción detallada de cada uno de estos modelos, se muestra a continuación diferentes fichas de descripción que indican al fabricante (nombre, dirección, país de origen, pagina web), el *background* del fabricante (historia y posición en el mercado, modelo que fabrica), el contacto para consultas específicas (costos de operación y mantención, precio, representante en Chile), descripción de la máquina (Modelo, fecha de certificación, ente acreditador, fotografía de referencia, países en donde operan, Grados estructurales, principios y limitantes de operación).

Ficha 1. Brookhuis Applied Technologies. Holanda

Fabricante: Brookhuis Applied Technologies. Institutenweg 15 7521 PH Enschede. Holanda. www.brookhuis.com

Background: Brookhuis fue fundada en 1920 cuando Mr. J.K.A. Brookhuis estableció Brookhuis en Enschede (Holanda) dedicándose a la venta de carbón y maquinaria para la industria textil.

En 2015 Brookhuis celebró sus 95 años acompañado con clientes, distribuidores, empleados, proveedores y familiares desde todo el mundo.

La estrategia de Brookhuis es generar negocios de largo plazo para incrementar su rentabilidad, con foco en la expansión de su negocio internacional, se destaca su volumen de ventas de xilohigrómetros a nivel mundial.

Con la finalidad de generar innovaciones únicas y efectivas para el mercado, Brookhuis trabaja junto con universidades e institutos alrededor del mundo. Se trata de una empresa privada con su central de operaciones en Enschede, en Holanda y dos oficinas internacionales: USA (Atlanta) y Bélgica (Zelee). Más de 100 sistemas de *strength grading* vendidos en los últimos dos años, debido a que la demanda de madera con altos valores de resistencia, graduada y de una manera controlada está creciendo, para así utilizar madera segura y confiable en la construcción de casas. Brookhuis tiene un incomparable rango de sistemas de *strength grading*, todos denominados como *Timber Grading Technology* (TGT) que es desarrollado en cooperación con especialistas de la madera e institutos internacionales líderes en la materia, entre los cuales los siguientes:

Modelo	Principio de Medición	Acreditada por
Timber Grader MTG -960 con balanza -920 sin balanza	Vibración-Resonancia+densidad Vibración-Resonancia	CEN, ALSC, CLSAB
MTG Batch	Vibración-Resonancia+densidad	ALSC, CLSAB
MTEscan	Vibración-Resonancia+densidad	ALSC, CLSAB

Consultas específicas: info@brookhuis.com

- Costos de operación y mantención: No especificado.
- Precio venta en origen: No especificado.
- Representante (s) en Chile: No existe.

Descripción de las Máquinas

Modelo: Timber Grader MTG (960 y 920 según uso o no de balanza para densidad).

Fecha de Certificación: 17 abril 2014 en USA.

Acreditada por: CEN (Europa), ALSC (USA), CLSAB (Canadá).



Figura N° 5
TIMBER GRADER MTG 960 y 920

Países donde opera: Europa, Usa y Canadá.

Grados estructurales: C (Europa).
MSR (USA y Canadá).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 30 piezas por minuto (uso manual).
- Dimensiones: Espesor 15mm a 115mm; Ancho: 50 a 250mm; Largo: 0,5m a 8.0m.
- Temperatura y humedad relativa para la operación del equipo: -10 a 50 °C.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar: No especificado.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: seca sin cepillar y cepillada (aunque no se especifica).

Principio de operación: Vibración-Resonancia Longitudinal.

Timber Grader MTG es un ergonómico instrumento de medición con una pantalla LCD que es puesto contra la pieza de madera (en uno de sus puntos finales). Al presionar el botón, es enviada una onda de sonido a través de la pieza de madera. El software especialmente diseñado para Timber Grader, convierte esta señal en un resultado que corresponde al MOE estático en N/mm².

El set de medición incluye este instrumento, una balanza y un computador, en el cual el software de cálculo es instalado. Sus resultados pueden ser transferidos a un computador sin requerir cable de conexión entre ellos. Los resultados que entrega esta tecnología son comparables al que entregan los sistemas mecánicos de clasificación (flexión), siendo usados por universidades e institutos de educación en todo el mundo. El sistema sin cables de conexión es útil y fácil de usar por lo que puede ser usado en casi cualquier lugar.

Modelo: MTG batch.

Fecha de Certificación: 17 abril 2014 en USA.

Acreditada por: ALSC (USA), CLSAB (Canadá).



Figura N° 6
OPERACIÓN DE UN EQUIPO MTG BACH

Países donde opera: Europa, Usa y Canadá.

Grados estructurales: C (Europa).
MSR (USA y Canadá).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 30 piezas por minuto.
- Dimensiones: Espesor 15mm a 115mm; Ancho: 50 a 250mm; Largo: 0,5m a 8.0m.
- Temperatura y humedad relativa para la operación del equipo: -10 a 50 °C.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar: No especificado.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: seca sin cepillar y cepillada (aunque no se especifica).

Principio de operación: Vibración- Resonancia Longitudinal + densidad

En línea *Strength Grading Systems*, el MTG BATCH predice la clase de resistencia de una pieza de madera moviéndose sobre una línea de transporte transversal, a través del registro del Módulo de Elasticidad dinámico (MOE_{dyn}) y la Densidad (ρ). Un dispositivo mecánico golpea la madera y de esta forma se crea una vibración, la cual es medida por un detector de ondas. La densidad (ρ) resulta desde la medición del peso (opcional) y las dimensiones de la pieza (para determinar el volumen), luego mediante un modelo matemático la clase de resistencia es calculada.

Modelo: MTGScan (60, 120 y 180 según velocidad en piezas por minuto).

Fecha de Certificación: 17 abril 2014.

Acreditada por: ALSC (USA) y CLSAB (Canadá).



Figura N° 7
MTG ESCAN MARCA BROOKHUIS

Países donde opera: USA y Canadá.

Grados estructurales: MSR (USA y Canadá).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 60, 120 y 180 piezas por minuto según el modelo.
- Dimensiones: Espesor 15mm a 115mm; Ancho: 50 a 250mm; Largo: 0,5m a 8.0m.
- Temperatura y humedad relativa para la operación del equipo: -10 a 50 °C.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar: No especificado.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: seca sin cepillar y cepillada (aunque no se especifica).

Principio de operación: Vibración-Resonancia Longitudinal+Densidad.

En línea *Strength Grading Systems*, el MTGScan predice la clase de resistencia de una pieza de madera moviéndose sobre una línea de transporte transversal, a través del registro del Módulo de Elasticidad dinámico (MOE_{dyn}) y la Densidad (ρ). Un dispositivo mecánico golpea la madera con el propósito de crear una vibración la cual es medida por un interferómetro láser. La densidad (ρ) resulta desde la medición del peso (opcional) y las dimensiones de la pieza (para determinar el volumen), la que a través de un modelo matemático se obtiene la clase de resistencia.

Ficha 2: Calibre Equipment Limited

Fabricante: Calibre Equipment Limited.
PO Box 2783 Wellington Nueva Zelanda.
www.calibre-equipment.com (en mantención).

Background: Empresa que se dedica al diseñar de productos innovadores para clasificar madera a través de investigación y desarrollo intensivo. Su modelo *Ecoustic Board Grader*, para la clasificación de madera estructural, fue manufacturado y comercializado a través de la empresa *Baxley Equipment* para USA y Canadá, donde fueron vendidos e instalados 19 equipos en USA y Canadá.

Consultas específicas: Teléfono fijo: (+64) 4 380 0032 Email: Chung@calibre-equipment.com

- Costos de operación y mantención: No especificado.
- Precio venta en origen: No especificado.
- Representante (s) en Chile: No existe.

Descripción de la Máquina

Modelo: *Ecoustic Board Grader*.

Fecha de Certificación: 5 enero 2012.

Acreditada por: ALSC (USA), CLSAB (Canadá) y Nueva Zelanda (no pudo ser confirmado).

Al parecer este equipo ya no está disponible en el mercado, sin embargo, para el *Logging and Sawmilling Journal* (2009), este equipo fue desarrollado por Calibre Equipment of New Zealand, y licenciada con *Baxley Equipment for Manufacture* en USA y Canadá. Hay más de 18 sistemas actualmente operando en USA y uno en Canadá. No obstante, al consultar la página web de www.baxleyequipment.com, no se encuentran referencias a este equipo.

Países donde opera: USA, Canadá y Nueva Zelanda (no pudo ser confirmado).

Grados estructurales: MSR (USA y Canadá).
MGP (Nueva Zelanda).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 240 piezas por minuto.
- Dimensiones: Espesor máximo 12 pulgadas y ancho máximo 14 pulgadas, largo máximo 28 pies.
- Temperatura y humedad relativa para la operación del equipo: No especificada.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar:
 - 20°C a 50°C CH<20%
 - 0°C a 50°C CH>20%
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: no especificada.

Principio de operación: Sonido (velocidad del Sonido) + Densidad.

El *Ecoustic Board Grader* permite clasificar madera estructural mediante la densidad y la determinación del módulo de elasticidad utilizando el principio de la velocidad del sonido.

Ficha 3: Concept Bois Structure SARL

Fabricante: Concept Bois Structure SARL.
4 Rue des Longs Champs, 25140 Les Ecorces. Francia.
www.cbs-cbt.com

Background: CBS-CBT Group es una compañía especializada en tecnologías no destructivas para la evaluación de la calidad de la madera. En 1985 la tecnología de ultrasonido fue transferida a un instrumento portátil a través de un producto patentado denominado Sylvatest (desarrollado por VTT *Technical Research Centre of Finland Ltd*), siendo actualizado en el 1998 bajo el nombre comercial de Sylvatest Duo. En 2008 una nueva versión fue lanzada: Sylvatest Trio, con la misma tecnología, pero más rápida que la anterior. El CBS-CBT fue entre las primeras empresas en impulsar la introducción de esta tecnología en el concierto industrial, con el concepto desarrollado por Sylvomatic, el cual permite estimar la calidad de la madera en pie.

Consultas específicas: info@cbs-cbt.com

- Costos de operación y mantención: No especificado.
- Precio venta en origen: No especificado.
- Representante (s) en Chile: No.

Ficha 4: Conception RP/Automatization J.R.T.

Fabricante: Conception RP/Automatization J.R.T.
405 Galilee Ave. Quebec, Quebec G1P 4M6. Canadá.
www.conceptionrp.com
www.jrtinc.com

Background: Fundada en 1990, Conception R.P. Inc. es una compañía canadiense privada. Es parte del grupo *Automatization JRT Inc.* y *Calibrateck Inc.* *Conception R.P. Inc.*, dedicada al diseño y manufactura de maquinaria para la industria de la madera, especializado en sistemas de *finger joint*. Cuenta con un *staff* de 140 empleados especializados, lo cual le permite proveer de forma rápida, eficiente y profesional respuesta a los requerimientos de sus clientes.

Estas tres empresas operan desde la misma central de operaciones, lo cual permite ofrecer soluciones completas a sus clientes de acuerdo a sus necesidades, entregando proyectos llave en mano (*turn key*). Todos los equipos son hechos con la más alta calidad de componentes.

La misión de *Conception R.P. Inc.* es proveer la mejor tecnología en constante evolución con el mercado. La Innovación y el mejoramiento de la calidad de los sistemas de control son la prioridad para *Conception R.P. Inc.*

Extrañamente, a pesar que *Conception RP* y *Automatisation JRT* están físicamente en la misma dirección, cada uno fabrica y vende su propia *Machine Stress Grading*, las que se comercializan casi con el mismo modelo (CRP 360 y CRP 360L, respectivamente), sin embargo, son diferentes en su tecnología y capacidad de operación.

Consultas específicas: cristian.lopez@ortizco.cl

- Costos de operación y mantención.
- Precio venta en origen.
- Representante (s) en Chile: Cristian López Silva (ORTIZCO) +56 9 9879 9500.

Ficha 5: Centre de Recherche Industrielle du Quebec (CRIQ)

Fabricante: Centre de Recherche Industrielle du Quebec (CRIQ).
333 rue Franquet, Quebec Canadá.
www.criq.qc.ca
www.VAB-Solutions.com

Background: El CRIQ es una empresa estatal dedicada a la investigación e innovación industrial que depende del ministerio de Economía, Ciencia e Innovación de Quebec-Canadá (MESI). El CRIQ ha sido un actor relevante en la competitividad y productividad industrial por 45 años para un amplio rango de actividades productivas en Quebec.

La compañía posee un amplio rango de experiencia en los más variados sectores económicos de Quebec, ejecutando más de 1.600 proyectos anualmente, siendo su misión apoyar al sector productivo de Quebec, buscando soluciones innovadoras para aumentar la productividad industrial, competitividad y alcanzar desafíos de eco-eficiencia. Para el caso específico del sector forestal industrial, se diseñó la tecnología para determinar el MOE en la madera de uso estructural con su modelo *Transversal MSR Grader-TMG*, el cual fue acreditado en Norte América el año 2004.

En mayo del 2016 firmó un acuerdo comercial con la firma *VAB-Solution* para manufacturar y comercializar esta tecnología (www.VAB-Solutions.com). Creada en 2004, *VAB Solutions Inc.* es el resultado de una asociación entre los Sres. Marc Voyer, y Jean Bérubé, ambos ex directores de *Optifor Inc.*

La misión de *VAB Solutions Inc.* es desarrollar, fabricar y vender instrumentos de visión artificial para la industria forestal, a través de una oferta de tecnologías innovadoras y únicas. Lograr un rendimiento excepcional y ofrecer un precio competitivo son las principales prioridades de *VAB Solutions Inc.* Tiene sedes en Lévis, en la costa sur de la ciudad de Quebec. En la actualidad lleva a cabo proyectos en Quebec, Ontario, las provincias marítimas, el oeste de Canadá y el sureste de los Estados Unidos.

En la información oficial de *American Lumber Standard Committee* (2017) y *Canadian Lumber Standards Accreditation Board* (CLSAB, 2016), este fabricante aparece acreditado con tres modelos, como se indica abajo, sin embargo en la página web del fabricante (VAB-Solutions), solo aparece descrito el último de ellos, el modelo TMG 16-630, por lo que se entendería que los dos primeros son modelos anteriores de este mismo, los cuales ya no son fabricados, pero que sin embargo es probable que aún operen en algún aserradero.

Modelo	Acreditado por
Transverse MSR Grader-TMG	ALSC, CLSAB
Transverse MSR Grader-TMG-12	ALSC
Transverse MSR Grader -TMG 16 630	ALSC, CLSAB

Consultas específicas: Guy Genest, Coordinator Business Development: infocriq@criq.qc.ca.

- Costos de operación y mantención. No especificado.
- Precio venta en origen: No especificado.
- Representante (s) en Chile: NO.

Descripción de la Máquina

Modelo: Transversal MSR Grader-TMG 16-630 (modelo más actualizado).

Fecha de Certificación: 28 julio 2005.

Acreditada por: ALSC (USA), CLSAB (Canadá).

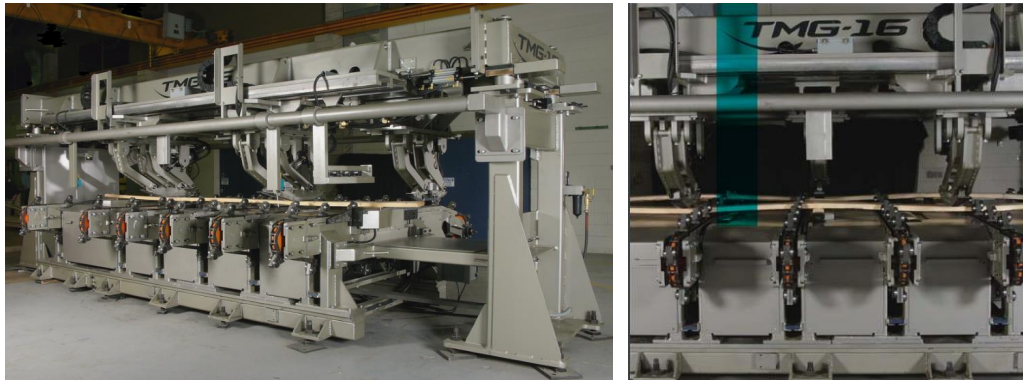


Figura N° 8
EQUIPOS TIPO TRANVERSE MSR GRADER-TMG

Países donde opera: USA y Canadá.

Grados estructurales: MSR (USA y Canadá).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 240 piezas por minuto.
- Dimensiones: Espesor máximo 2 pulgadas y ancho máximo 6 pulgadas, largo máximo 5-16 pies.
- Temperatura y humedad relativa para la operación del equipo: $> 0^{\circ}\text{C}$ y $<85\%$ HR.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar: $> -20^{\circ}\text{C}$ sin límite superior. Sin restricción en CH.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: No especificado.

Principio de operación: Flexión (*mechanical bending*).

El TMG 16-630 (*Transversal MSR Grader*) es una tecnología que utiliza el principio *mechanical bending* para la determinación del MOE y fue diseñado por el Centre de *Recherche Industrielle du Quebec-Canadá* (CRIQ), cuyo modelo original (TMG) fue acreditado en abril 2004 con una capacidad limitada a piezas de 4 pulgadas de ancho y 9 pies de largo y velocidad de avance de 160 piezas por minuto, mejorando a la actualidad a piezas de 6 pulgadas de espesor, 16 pies de largo y una velocidad de avance de 240 piezas. Se utiliza para determinar las propiedades estructurales de la madera y asignar grados de calidad MSR. Puede determinar hasta tres grados simultáneamente. Es un equipo que trabaja en forma transversal (la mayoría de los equipos de este tipo, *mechanical bending*, trabaja en forma longitudinal), lo cual permite instalarlo en pequeños espacios. TMG está certificado en Canadá y USA.

Ficha 6: Dynalyse AB

Fabricante: Dynalyse AB.
Brodalsvägen 7, SE – 43338 Partille. Suecia.
www.dynalyse.se

Background: Dynalyse AB es una compañía sueca, innovadora y especializada en mediciones de calidad de productos forestales en la línea de proceso para determinar los parámetros MOR, MOE, la densidad y el contenido de humedad. Un tipo de medición de la calidad de la madera es la dureza de la madera, tales como los grados europeos C, los grados de Norte América MSR y los grados de Australia y Nueva Zelanda MGP.

Dynalyse AB se ha involucrado comercialmente con muchas de las mejores compañías en la industria de la madera, con clientes de baja producción de madera aserrada hasta con clientes de gran producción, Por ejemplo, Brinks Trä (SWE), Derome Timber (SWE), Domtar (CAN), Havesa Timber (FIN), JG Andersson (SWE), Moelven Timber (SWE, NOR), SCA Timber (SWE), Sodra Timber (SWE), Stora Enso Timber (SWE), Versowood (FIN), Vida (SWE), Ziegler (DE), quienes venden su producción a los mercados de Europa, Japón y Norte América. Tiene más de 170 instalaciones en 10 países y sus productos están constantemente evolucionando con el avance tecnológico.

Dynagrade N° 1 fue instalado en 1997 y aún sigue trabajando en Hilmer Andersson de Suecia. Desde entonces ha ganado una gran participación en el mercado escandinavo, ruso, norteamericano y australiano y por ello el sistema está aprobado de acuerdo a los estándares de *Machine Stress Grading* para madera estructural de Europa, Canadá y Estado Unidos. También los grados MGP para el Mercado australiano están siendo fabricados en Europa. Dynalyse participa en el mercado de tecnologías para *Machine Stress Grading* con dos modelos basadas en el principio de vibración.

- Dynagrade
Standard – 100 pcs/min [1.3 m/s].
HC – 150 pcs/min [1.6 m/s].
XHC – 240 pcs/min [1.6 m/s].
- Precigrade
PG100 – 100 pcs/min [1.3 m/s].
PG180 – 180 pcs/min [1.3 m/s].

La principal diferencia entre ellos en cuanto a determinar el MOE, radica en que el Dynagrade aplica una densidad promedio para cierta especie o *batch* de producción, mientras que Precigrader mide el peso de cada pieza de madera y con ello calcula la densidad. Sin embargo, ambas tecnologías están constantemente evolucionando, además de ser integrados con medidores de humedad y ofrecer herramientas de reporte digital fáciles de usar.

Consultas específicas: sales@dynalyse.se

- Costos de operación y mantención: No especificado.
- Precio venta en origen: No especificado.
- Representante (s) en Chile: No.
-

Descripción de las Máquinas

Modelo: Dynagrade XHC/HC/Standard.

Fecha de Certificación: 2 mayo 2000 para USA y septiembre 2006 para Europa.

Acreditada por: CEN (Europa), ALSC (USA), CLSAB (Canadá).

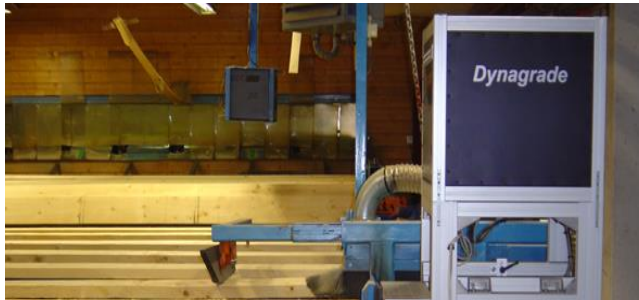


Figura N° 9
DYNAGRADE (XHC, HC) OPERANDO EN ASERRADERO

Países donde opera: Europa, USA, Canadá, Australia, Japón, países bálticos, países escandinavos, Rusia.

Grados estructurales: C (Europa).
MSR (USA y Canadá).
MGP (Australia).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: desde 100 hasta 240 piezas por minuto.
- Dimensiones: Espesor 1-5 pulgadas; Ancho: 3-12 pulgadas; Largo: 1,2-7,2 metros.
- Temperatura y humedad relativa para la operación del equipo: Sin información.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar: No especificado.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: verde sin cepillar y seca cepillada.

Principio de operación: Vibración (Resonancia Longitudinal).

El Dynagrade está basado en el principio de vibración en dirección longitudinal, es decir en la medición de la frecuencia de resonancia (vibración) en la dirección longitudinal. Para esto un mecanismo de impacto adherido a la unidad principal es activado por el movimiento transversal de la madera.

Las piezas de madera son alimentadas en forma transversal y la vibración es generada por un pequeño impacto en un extremo de la pieza de madera, la que es captada por un micrófono. Simultáneamente, el largo es medido por una unidad laser de medición. La pieza de madera es soportada por correas durante la medición. Normalmente no es necesario realizar *re-setting* cuando las dimensiones de la escuadría (espesor y ancho) son cambiados.

Modelo: Precigrader PG100/PG180.

Fecha de Certificación: 8 febrero 2007 para USA.

Acreditada por: CEN (Europa), ALSC (USA), CLSAB (Canadá).



Figura N° 10
PRECIGRADER MODELO PG100/PG180 INSTALADO EN ASERRADERO

Países donde opera: Europa, Canadá, USA y Japón.

Grados estructurales: C (Europa).
MSR (USA y Canadá).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: desde 100 hasta 180 piezas por minuto.
- Dimensiones: Espesor 1-5 pulgadas; Ancho: 3-12 pulgadas; Largo: 1,2-7,2 metros.
- Temperatura y humedad relativa para la operación del equipo: Sin información.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar: No especificado.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: Verde sin cepillar y seca cepillada.

Principio de operación: Vibración + Densidad (Resonancia longitudinal con densidad)

El Precigrader está basado en el principio de vibración en dirección longitudinal y en la medición de densidad. Un mecanismo de impacto adherido a la unidad principal es activado por el movimiento transversal de la madera. Las piezas de madera son alimentadas en forma transversal. La vibración generada por un pequeño impacto en un extremo de la pieza de madera es capturada por un micrófono. Simultáneamente, el perfil geométrico es medido por una unidad láser de medición y se pesa cada pieza de madera y con ello se calcula la densidad.

Ficha 7: Falcon Engineering Ltd.

Fabricante: Falcon Engineering Ltd.
1428 State Highway 3. P.O. Box 32. Inglewood. Taranaki Nueva Zelanda.
www.falconengineering.co.nz

Background: La *Falcon Engineering Ltd* fue fundada en 1989, con base en Inglewood, Taranaki. Falcon, inicialmente proveyó servicios generales de ingeniería para la industria local y a partir del año 1993 se enfocó en proveer diseños de ingeniería, manufactura, equipamiento e instalación de plantas industriales (aserraderos y plantas de remanufactura). El rango de equipos que ha desarrollado son: A-grader (*acoustic grader*), E-Grader (*mechanical stress graders*), líneas de pintado, sistemas de alimentación y movimiento de madera.

En colaboración con Scion, ex *NZ Forest Research Institute*, Falcon ha continuado invirtiendo en el desarrollo tecnológico en sistemas de clasificación de madera. En 2001, *Falcon Engineering Ltd* ganó el premio IPENZ (*Institute of Professional Engineers New Zealand*) para la categoría *Manufacturing Engineering Excellence* con su stiffness grader denominado "E-grader" (flexión mecánica en *edgewise*). En 2006 Falcon fue finalista en este mismo premio y categoría por su producto A-grader (*acoustic timber stiffness grader*). Falcon Engineering Ltd ha completado proyectos internacionales en Australia, USA, South África y Chile.

Consultas específicas: Greg Trowbridge celular: (+64) 027 4953 440 Email: greg@falcon-eng.co.nz

- Costos de operación y mantención: No especificado.
- Precio venta en origen: No especificado.
- Representante (s) en Chile: No.

Ficha 8: Lucidyne Technologies INC.

Fabricante: Lucidyne Technologies INC.
155 SW Madison Ave Corvallis, OR 97333. USA.
www.lucidyne.com

Background: Desde 1985 Lucidyne es un fabricante de tecnologías de escáner para productos de la industria de la madera, focalizados en la clasificación final de los productos en los aserraderos. Lucidyne provee soluciones de automatización a sus clientes, para mejorar su competitividad y rentabilidad.

Desde su creación han instalado variados sistemas de escáner para la clasificación de *Dimension, Board, Decking, Timber* y *Shop*, desde 1 a 6 pulgadas de espesor para varias especies. Su modelo GradeScan está certificado para la clasificación de madera estructural en el Mercado de USA y han recientemente inventado dos nuevos sensores para determinar la resistencia de la madera y detectar la presencia de pudriciones. Su patentado *True-Q Lumber Tracking System* identifica cada pieza de madera usando su individual "patrón del grano" (al igual que en la identificación de las huellas digitales), para seguir las piezas en todo el proceso, por lo que no necesita utilizar códigos de barra estampados en la madera.

Su *staff* de profesionales está conformado por programadores, ingenieros y científicos que proveen soluciones innovadoras en cuanto al diseño de sensores. Con más de 30 años en el mercado, han logrado consolidarse en cuanto a entregar servicios para incrementar la eficiencia de la industria maderera.

En la información oficial de ALSC, se indica que Lucidyne estaría asociado con la empresa Weyerhaeuser NR Company, como fabricantes del modelo *GradeScan*. Adicionalmente, este escáner tendría alguna asociación con otros dos modelos, fabricados por Weyerhaeuser (RE-I y RE-III). Por otra parte, se indica además que habría otro modelo fabricado por Weyerhaeuser siendo los indicados a continuación:

Modelo	Fabricante	Fecha Acreditación ALSC
RE-I (ex Stand Alone Thumper Strength Grader)	Weyerhaeuser	28 Julio 2005
RE-II (formalmente llamado XLG/LHG+Thumper Strenght Grader)	Weyerhaeuser	3 Febrero 2005
RE-III (formalmente llamado Thumper III)	Weyerhaeuser	1 Noviembre 2007

Consultas específicas: info@lucidyne.com

- Costos de operación y mantención: No especificado.
- Precio venta en origen: No especificado.
- Representante (s) en Chile: No.

Descripción de la Máquina

Modelo: GradeScan.
Fecha de Certificación: Sin información.
Acreditada por: ALSC (USA).



Figura N° 11
GRADESCAN LUCIDYNE EN OPERACIÓN EN ASERRADERO

Países donde opera: USA.

Grados estructurales: MSR (USA).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 200 piezas por minuto.
- Dimensiones: Espesor máximo: 100 mm; Ancho máximo: 360 mm; Largo 8,5 m.
- Temperatura y humedad relativa para la operación del equipo: -50 a 50 °C.
- Temperatura y Contenido de Humedad de piezas de madera a clasificar: 10 a 30 °C.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: seca cepillada.

Principio de operación: Imagen Multisensorial (excluye Rayos X).

La Lucidyne GradeScan es un sistema integrado de *multiple sensors* que escanean la madera en dirección linear identificando y mapeando nudos, bolsillos de resina, canto muerto, grietas, manchas, desviaciones del grano, entre otras características y defectos de la madera. Una vez que estos elementos son localizados y clasificados, una regla de clasificación de productos es aplicada, luego a la pieza de madera le es asignado un grado de calidad específico o es sometida a un proceso adicional. GradeScan utiliza cámaras a color (*color sensor*), sensor de traqueidas (*tracheid sensor*), láser de alta intensidad (*geometric sensor*), sensor de densidad (*throughboard*).

Las cámaras a color proporcionan una imagen de alta resolución por los cuatro lados de la pieza de madera mientras pasa por el escáner. Estos sensores ayudan con la clasificación a través del reconocimiento de defectos de la madera: nudos, manchas, corteza, *stickers*, madera de corazón, etc. Los sensores de traqueidas, son cámaras que caracterizan la dirección del grano de la madera y otras importantes propiedades. Una de las características de las traqueidas es que ellas están alineadas con el grano y cuando la luz choca con ellas canalizan la luz a lo largo de las células en la dirección del grano de la madera.

Estos sensores ayudan con la clasificación a través del reconocimiento de defectos de la madera, como nudos, grano desviado, manchas, pudriciones superficiales, corteza, *skip*, grietas, canto muerto, resinas, entre otras. El láser de alta intensidad, es emitido por un set de cámaras diseñadas para capturar cada 2 mm, el perfil de la pieza de madera a una muy alta resolución, con el fin de capturar e identificar irregularidades en el perfil de la escuadría de la pieza, como canto muerto, grietas, fibra faltante. La densidad de madera es determinada a través de un impulso eléctrico enviado a través de la fibra de la madera, lo cual genera una imagen de la energía que pasa a través de ella, la cual es capturada por cámaras. Esta imagen representa muy bien la densidad de la madera.

Ficha 9: Measuring and Process Control Ltd.

Fabricante: Measuring and Process Control Ltd.

Tabrums Industrial Estate. Battles Bridge Essex ss11 7qx. Reino Unido.

www.mpcuk.co.uk

Background: *Measuring and Process Control Ltd.* es una empresa del Reino Unido fabricante de maquinarias para la industria maderera, tales como *Computermatic and Micromatic Timber Strength (Stress) Testing Machines*, *Scaffold Board Auto End Banding Machines* y *Timber Materials Handling Equipment*, todos diseñados para requerimientos específicos, como también Sistemas Electrónicos de Control.

Las *Machine Stress Grading Computermatic* y *Micromatic*, en todas sus variantes, han sido las máquinas elegidas por aproximadamente el 60 al 70% de todos los usuarios, considerando los campos de investigación y producción.

Esta fue la primera máquina industrial producida para dar una precisa, además de económica, evaluación de la resistencia de la madera aserrada y que se continúa mejorando con la tecnología de hoy.

El modelo conocido inicialmente como *Microstress*, desarrollado en Australia, fue la base del equipo más desarrollado y vendido para la industria en todo el mundo, conocido como *Computermatic*, siendo ampliamente comercializada en Europa y la que más años lleva en funcionamiento.

Consultas específicas: sales@mpcuk.co.uk

- Costos de operación y mantención: No especificado
- Precio venta en origen: No especificado
- Representante (s) en Chile: No existe.

Ficha 10: Metriguard Raute Group

Fabricante: Metriguard Raute Group.
2465 NE Hopkins Court Pullman, WA 99163. PO Box 399. USA.
www.metriguard.com

Background: Raute Corporation llegó a un acuerdo con los dueños de *Metriguard*, Inc. para realizar la compra de su negocio (marzo 2017).

Metriguard es el líder mundial en tecnología de alta velocidad para la evaluación en línea de madera aserrada y chapas para paneles para uso estructural. *Metriguard* manufactura, vende y da servicio de mantención en aserraderos y plantas de debobinado en todo el mundo por más de 40 años. Instalando equipos en América del Norte, América del Sur, Europa, Asia, África, Australia y Nueva Zelandia, tanto en el área industrial como en laboratorios de investigación. Algunos de sus equipos más antiguos aún están en servicio por más de 30 años. *Metriguard* también fabrica equipos para pruebas de laboratorio y campo para la industria forestal. Tiene un amplio rango de sistemas de *strength grading*, algunos de los cuales ya no están disponibles en el mercado, como se indica a continuación:

Modelo	Principio de Medición	Estado
Model 3300 Transverse Vibration E-Computer	Vibración	No disponible
Model 340 Transverse Vibration E-Computer	Vibración	No disponible
C-L-T Model 7200 HCLT(High Capacity Lumber Tester)	Flexión, Medición de la carga	Disponible
C-L-T-Continuous Lumber Tester	Flexión, Medición de la carga	No disponible
Model 2350 Sonic Grader	Vibración	Disponible

Consultas específicas: Daniel A. Uskoski sales@metriguard.com

- Costos de operación y mantención: No especificado
- Precio venta en origen: No especificado.
- Representante (s) en Chile: No.

Descripción de las Máquinas

Modelo: 7200 HCLT (High Capacity Lumber Tester).

Fecha de Certificación: 1962 para USA.

Acreditada por: ALSC (USA) y CLSAB (Canadá).



Figura N° 12
METRIGUARD HIGH CAPACITY LUMBER TESTER 7200 HCLT

Países donde opera: USA, Canadá, Australia y Nueva Zelanda

Grados estructurales: MSR (USA); -MGP (Australia); MSG (Nueva Zelanda)

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 1.098 metros por minuto.
- Dimensiones: Espesor: 1,2 – 1,8 pulgadas; Ancho: 2,5 – 11,4 pulgadas. Cero curvaturas para ancho $\geq 10,25"$; Largo: 2,5 a 9,0m.
- Temperatura y humedad relativa para operación del equipo: Temperatura entre -20°C y 49°C .
- Temperatura y contenido de humedad de las piezas de madera a clasificar: No especificado.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: Seca y cepillada.

Principio de operación: Flexión

Metriguard 7200 HCLT aplica el principio de *flatwise bending* con medición de la carga aplicada. De esta forma determina directamente el Modulo de Elasticidad (E), aplicando carga a cada pieza de madera, segregando por grado según la regla y eliminando las piezas muy débiles. Las piezas de madera son alimentadas hacia la máquina en forma *flatwise* y longitudinalmente. La medición de *bending-E* es hecha mientras la pieza de madera pasa a través de la máquina. El grado logrado por la pieza es indicado con pintura spray usando tinta de color. La medición de *flat-wise bending* es obtenida en forma continua sobre rodillos separados por 1.219 mm. El valor medio y el menor valor del módulo de elasticidad de cada pieza de madera son comparados con los valores correspondientes de cada *grade* que el operador ha establecido y almacenado en el PC maestro (*PC Data System Configuration files*).

Modelo: 2350 Sonic Lumber Grader.

Fecha de Certificación: 18 octubre 2012 para USA.

Acreditada por: ALSC (USA) y CLSAB (Canadá).



Figura N° 13
CLASIFICADOR 2350 SONIC GRADER LUMBER (SLG)

Países donde opera: USA y Canadá

Grados estructurales: MSR (USA y Canadá)

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 250 piezas por minuto.
- Dimensiones: Espesor máximo 12 pulgadas; Ancho máximo 14 pulgadas.
- Temperatura para operación del equipo: Entre -20°C y 49°C.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar:
 - o 20°C a 49°C para piezas con CH < 20%.
 - o 0°C a 49°C para piezas con CH ≥ 20%.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: Verde sin cepillar, seca sin cepillar y cepillada.

Principio de operación: Sonido (velocidad del sonido) + Densidad.

La 2350 *Sonic Lumber Grader* (SLG), es un clasificador de madera con alimentación transversal que determina el *stiffness* de una pieza de madera usando densidad y velocidad del sonido. El sistema está diseñado para un centro de cepillado y clasificación para determinar el módulo de elasticidad para producir madera aserrada de uso estructural con grados MSR y para aserraderos donde se clasifican las piezas para asignarlas a diferentes programas de secado.

Un sistema de balanza puede ser usado para pesar la madera en el aserradero y asignar programas de secado, tiene un sistema de múltiples ruedas para reducir la fricción y mejorar la precisión en el peso. De la misma forma, resortes con la adecuada flexibilidad, permiten compensar los movimientos para mejorar la precisión y repetitividad de las mediciones del peso. Adicionalmente, un resistente martillo electromecánico golpea el final de cada pieza de madera para iniciar una señal acústica. Junto al martillo está el receptor de la señal acústica.

Un sofisticado procesador de la señal, el cual fue desarrollado por ingenieros de Metriguard, analiza el sonido desde cada pieza de madera, incluso en un ambiente ruidoso como el que hay en una central de procesamiento de madera. La densidad y la señal acústica son usadas para determinar el módulo de elasticidad a una velocidad de hasta 250 piezas por minuto. Si es necesario, la información puede ser enviada a un escáner óptico para determinar el grado MSR. El acceso remoto permite solucionar problemas en línea en la medida ellos aparecen.

Descripción de la Máquina

Modelo: Euro-GreComat 704.

Fecha de Certificación: Sin información.

Acreditada por: CEN (Europa).



Figura N° 14
EURO-GRECOMAT 704

Países donde opera: Europa (principalmente en Alemania)

Grados estructurales: C (Europa)

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 80-120 metros por minuto.
- Dimensiones: Espesor máximo; 55 mm. Ancho máximo: 280 mm; Largo: No se especifica.
- Temperatura y humedad relativa para la operación del equipo: No se especifica.
- Temperatura y Contenido de Humedad de piezas de madera: $\geq 0^{\circ}\text{C}$ y 7-15% CH.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: Seca cepillada.

Principio de operación: Flexión mecánica + Rayos X.

Ficha 12: Microtec

Fabricante: Microtec.

Via Julius-Durst Straße 98 39042 Bressanone-Brixen. Italia.

www.microtec.eu

Background: Microtec es una empresa italiana y es líder global desde 1980 en soluciones de optimización y escaneo en la industria del procesamiento de madera. Fue fundada por Paul Durst, Hansjörg Thaler y Federico Giudiceandrea.

En 1995 introdujo la tecnología de rayos X para apoyar el proceso de imagen para la detección de los nudos de la madera. En 2008 en la Universidad de Freiburg-Alemania, CT Log (*computer Tomographic*) es oficialmente presentada. En 2016 Alexander Katsevich y Federico Giudiceandrea (Microtec CEO) reciben el premio The Marcus Wallenberg Prize 2016 por el desarrollo del "CT Log 360° Scanner". La introducción de esta nueva tecnología marca el comienzo de una nueva era en la industria de los aserraderos, entregando una mayor optimización en el proceso de aserrio. En 2017 Confindustria, la confederación nacional de la industria italiana, otorga a Microtec el premio a la mejor empresa en innovación y crecimiento, por ser líder mundial en soluciones de escaneo de la madera.

Microtec es una empresa integrada, capaz de construir completamente aserraderos, centros de cepillado y clasificación, plantas procesadoras de árboles (*log merchandising yard*), proveyendo toda la tecnología de corte, escaneo, control de proceso y sistema de transporte de materia prima (*conveyor system*), a través de sus empresas asociadas; Springer, EWD, Link, System TM. Microtec tiene un amplio rango de sistemas de *strength grading*, desarrollados y diseñados por su *staff* de ingenieros especialistas, liderados por su propio CEO, entre los cuales los siguientes:

Modelo	Acreditada por	Principio de Medición
GoldenEye 700 -702 -706	CEN (Europa) y ALSC (USA) CEN (Europa) y ALSC (USA)	Rayos X Rayos X + Vibración
EuroGrecoMat (1) -702 -704 -706	CEN (Europa) CEN (Europa) CEN (Europa)	Rayos X Rayos X + Flexión Rayos X + Vibración
Viscan -VISCAN -VISCAN PLUS (2)	CEN (Europa) y ALSC (USA) ALSC (USA)	Vibración Vibración + Rayos X
WoodEye (4)	Ninguna	Vibración + densidad + láser

(1) Los modelos EuroGrecoMat 702 y 706 son exactamente iguales a GoldenEye 702 y 706, sin embargo, al parecer Microtec no continuó manufacturando ningún modelo EuroGrecoMat (702, 704 y 706), dado que no aparecen en su página web.

(2) Viscan Plus es citado por Ridley (2017) indicando que está aprobado por CEN en Europa, pero no se menciona en la norma EN 14081-4.

(3) En el listado oficial de ALSC (USA) aparece acreditada una máquina nombrada como *GoldenEye Lumber Grading Machine*, la cual no aparece en la página web de Microtec. Probablemente corresponde al 1er modelo de GoldenEye, hoy no disponible.

(4) Fue adquirido por Microtec-Springer.

Consultas específicas: Armin von Grebmer armin.vongrebmer@microtec.eu

- Costos de operación y mantención: No especificados.
- Precio venta en origen: No especificados.
- Representante (s) en Chile: No

Descripción de las Máquinas

Modelo: GoldenEye 702.

Fecha de Certificación: 24 abril 2003 para USA (acreditado solo como GoldenEye).

Acreditada por: CEN (Europa).



Figura N° 15
MICROTEC GOLDENEYE 702

Países donde opera: USA, Europa, Australia y Nueva Zelanda.

Grados estructurales: C (Europa).

MSR (USA).

MGP (Australia y Nueva Zelanda).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 450 metros por minuto.
- Dimensiones: Espesor 20 a 60 mm; Ancho: 80 a 300 mm; Largo: No se indica.
- Temperatura y humedad relativa para la operación del equipo: Sin información.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar: 15 a 30°C y 8-20% CH⁶.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: verde y seca cepillada.

Principio de operación: Rayos X.

GoldenEye 702 es una tecnología sofisticada de escáner para Machine Stress Grading, la cual combina varios tipos de tecnologías: cámara color, láser scatter, láser 3D tringulación y Rayos X. Por esta razón GoldenEye 702 es identificado como *Multi-Sensor Quality Scanner*. En este sentido es la solución tecnológica más certificada en el mundo tanto para coníferas como para latifoliadas, para madera aserrada verde y seca, y sin cepillar y cepillada. Además, puede ser fácilmente integrada en cualquier punto dentro de la planta de proceso, como un sistema modular adecuado a las necesidades de cada cliente. En todos los modelos su concepto de trabajo implica ningún contacto directo con la madera al momento de pasar a través del scanner.

GoldenEye 702 Strength Grader Multi-Sensor Quality Scanner, con alta precisión determina el MOE, MOR, reconoce defectos de la madera, gradúa y clasifica la madera, de acuerdo a especificaciones de cada producto, y a una alta velocidad de producción, efectuando estas operaciones en una fracción de segundos.

Modelo: GoldenEye 706.

Fecha de Certificación: noviembre 2006 para USA.

Acreditada por: ALSC (USA) y CEN (Europa).

⁶ Para un mismo turno de operación el CH de las piezas no puede desviarse en +/- 4%



Figura N° 16
MICROTEC GOLDENEYE 706

Países donde opera: USA, Europa, Australia y Nueva Zelanda.

Grados estructurales: C (Europa).
MSR (USA).
MGP (Australia y Nueva Zelanda).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 450 metros por minuto por GoldenEye y 180 piezas por minuto por VISCAN.
- Dimensiones: Espesor máximo 150 mm; Ancho máximo: 500 mm; Largo no se indica.
- Temperatura para la operación del equipo: 50 a 350°C.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar: >0°C y 8-19% CH⁷.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: Verde y seca cepillada.

Principio de operación: Rayos X + Vibración (Resonancia longitudinal).

GoldenEye 706 es una tecnología sofisticada del mercado de escáner para *Machine Stress Grading*, la cual combina GoldenEye 702 (cámara color, láser scatter, láser 3D tringulación, Rayos X) con VISCAN (Resonancia). Por esta razón GoldenEye 706 es identificado como Multi-Sensor Quality Scanner.

Puede ser fácilmente integrada en cualquier punto dentro de la planta de proceso, como un sistema modular, adecuado a las necesidades de cada cliente. En todos los modelos su concepto de trabajo implica ningún contacto directo con la madera al momento de pasar a través del scanner. GoldenEye 706 Strength Grader Multi-Sensor Quality Scanner, con alta precisión determina el MOE, MOR, reconoce defectos de la madera, gradúa y clasifica la madera, de acuerdo a especificaciones de cada producto, a una alta velocidad de producción. GoldenEye 706 en fracción de segundos reconoce y localiza nudos, grietas, bolsillo de resina, orificios, manchas, pudriciones, canto muerto y otros defectos de la madera.

Modelo: VISCAN.

Fecha de Certificación: 12 noviembre 2009.

Acreditada por: ALSC (USA), CEN (Europa).

⁷ Para un mismo turno de operación el CH de las piezas no puede desviarse en +/- 4%



Figura N° 17
MICROTEC VISCAN.

Países donde opera: USA, Europa, Australia, Nueva Zelanda.

Grados estructurales: C (Europa).
MSR (USA).
MGP (Australia y Nueva Zelanda).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 180 piezas por minuto.
- Dimensiones: Espesor 18 a 184 mm; Ancho: 57 a 318 mm; Largo: 1,8 a 6,5 m.
- Temperatura para la operación del equipo: 5-35 °C.
- Temperatura y contenido de humedad de las piezas de madera a clasificar: $\geq -20^{\circ}\text{C}$ y $<20\%$ CH.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: verde sin cepillar, seca sin cepillar y cepillada.

Principio de operación: Vibración (resonancia longitudinal).

VISCAN está basada en el principio de vibración en dirección longitudinal. Laser interferometer mide la frecuencia de resonancia. Un golpe de martillo (de bola) golpea la madera cuando la pieza de madera pasa frente a Viscan, al mismo tiempo un láser interferometer mide la oscilación directamente sobre la madera. Usando la medición de frecuencia y el largo de la pieza de madera, Viscan calcula el módulo de elasticidad dinámico (MOE), y también grupa y clasifica la madera en clases de dureza de la madera (*strength clases*) de acuerdo a la mayoría de los estándares de *strength grading* en el mundo. Viscan mide la frecuencia de resonancia gracias a la tecnología láser "interferometer", el cual trabaja libre de interferencias propias del medio industrial (ruidos). Viscan Strength Grader alcanza mediciones con una precisión repetible del 99 por ciento.

Modelo: VISCAN PLUS.

Fecha de Certificación: 12 noviembre 2009.

Acreditada por: ALSC (USA).

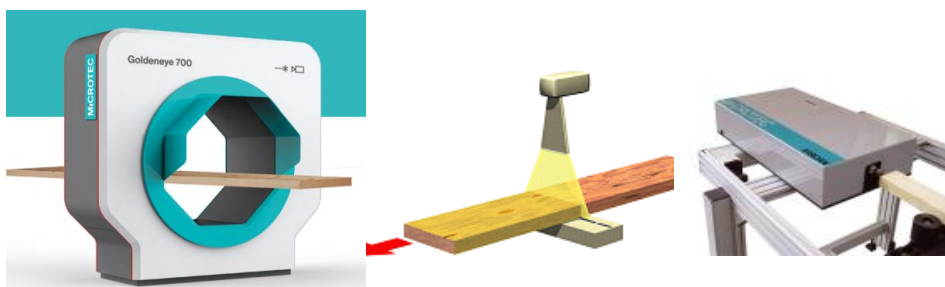


Figura N° 18
EQUIPO MICROTEC VISCAN PLUS.

Países donde opera: USA, Europa, Australia, Nueva Zelanda.

Grados estructurales: C (Europa).
MSR (USA).
MGP (Australia y Nueva Zelanda).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 180 piezas por minuto.
- Dimensiones: Espesor 18 a 184 mm; Ancho: 57 a 318 mm; Largo: 1,8 a 6,5 m.
- Temperatura para la operación del equipo: 5-35 °C.
- Temperatura y contenido de humedad de las piezas de madera a clasificar: $\geq -20^{\circ}\text{C}$ y $< 20\%$ CH.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: Verde sin cepillar, seca sin cepillar y cepillada.

Principio de operación: Vibración (resonancia longitudinal) + Rayos X (densidad).

VISCAN PLUS es la unión de VISCAN + escáner de Rayos X, lo que permite mejorar la precisión de medición del MOE al combinar su información con el de la densidad de la madera medida directamente por el escáner de Rayos X.

Ficha 13: Tecmach Ltd.

Fabricante: Tecmach Ltd
PO Box 29 St Albans, Herts, Inglaterra AL1 5NU

Background: No se encontró ninguna página web para Tecmach, que sería el último fabricante de Cook Bolinder, indicado en la bibliografía. Tampoco se encontró imágenes de nuevos modelos disponibles. Es ampliamente descrita en la bibliografía. Incluso CMPC-Maderas la utilizó para incursionar en el mercado de Europa y USA a fines de la década del 90.

Consultas específicas: No encontrado el contacto.

Ficha 14: USNR Söderhamn Eriksson

Fabricante: USNR Söderhamn Eriksson (Ex Coe Newnes/McGehee o Newnes Machine Ltd).
Woodland, Washington 98674. PO Box 310 USA.
www.USNR.com

Background: USNR está presente en el mercado desde 1850 y es conocida por proveer soluciones *end-to-end* para aserraderos y centros de cepillado, incluyendo líneas para trozos, partidoras en corte curvo, líneas de canteado, sistema de trozado, clasificación y embalaje de madera, secado de madera y tecnologías de optimización y control que maximizan la producción y comportamiento de los equipos.

USNR es también conocido por su marca Coe, productos usados en la manufactura de *plywood* y otros productos de paneles, y por la marca Ventek que desarrolla productos para el escaneo, clasificación y manipulación de chapas y paneles.

La empresa está presente en Estados Unidos, Canadá, Suecia, Finlandia, Noruega, Alemania, Reino Unido, Chile, Japón, Australia, Nueva Zelanda, Rusia. En 2008 USNR adquirió *Newnes/McGehee y Coe Manufacturing product lines*.

Newnes Machine Ltd fue pionera en el desarrollo de aplicaciones de escaneo tales como máquina de visión, rayos X y *microwaves*, para cumplir con el desafío del escaneo, identificación y clasificación de defectos de la madera.

Este avance tecnológico lideró el nacimiento de *Lineal High Grader* (LHG) y de *Transverse High Grader* (THG) como un sistema de clasificación de madera, completamente automatizado.

En 2015 USNR adquiere Söderhamn Eriksson de Suecia con presencia desde 1864. USNR es ahora reconocido por su estilo europeo en las líneas de trozos, en los sistemas de canteado y descortezadores, los cuales fueron inventados por Söderhamns Verkstäder en 1950, y por la venta de muchos miles de máquinas en todo el mundo. En la actualidad, USNR/Söderhamn Eriksson opera cuatro fábricas en Estados Unidos, tres en Canadá, y cinco en Suecia.

Su modelo *Lineal High Grader E-Valuator Module* fue originalmente acreditado por ALSC (USA) y se denomina *X-Ray Lumber Gauge* fabricado por *Newnes Machine Ltd* con fecha de acreditación abril 1995. Posteriormente fue acreditado el 26 de abril 2007 como LHG: *XLG with E-Valuator* fabricado por COE Newnes/McGehee. Para Canadá, en la acreditación de la CLSAB (Canadá) aparece identificado una sola vez como *XLG (X-Ray Lumber Gauge)* y *XLG with E-Valuator*.

Consultas específicas: Enrique Villalón: eevillalon@solecia.com
Patricio Faúndez: pfaundez@entelchile.net

- Costos de operación y mantención. Sin información.
- Precio venta en origen: Sin información.
- Representante (s) en Chile:
 - o Patricio Faúndez y Cia Ltda. Leo 9011 Vitacura, Casilla 19004 Stgo. 19, Santiago 6681609, Chile. +56.2.220.1517.
 - o Solecia Ltda. Parcela 11-A Lote-C, PO Box 3197, Villa Italia, Concepción, Chile, +56.41.391.444.

Descripción de la Máquina

Modelo: Lineal High Grader E-Valuator Module.

Fecha de Certificación: 26 abril 2007 para USA. Aprobado como COE Newnes/McGehee.

Acreditada por: ALSC (USA), CLSAB (Canadá).

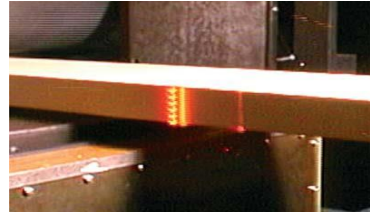
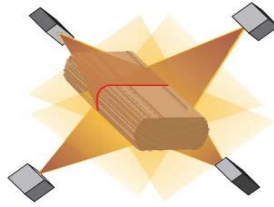


Figura N° 19
LINEAR HIGH GRADER E-EVALUATOR MODULE.

Países donde opera: USA y Canadá.

Grados estructurales: MSR (USA y Canadá).

Limitaciones de operación:

- Velocidad máxima de alimentación: 240-750 metros por minuto.
- Dimensiones: Espesor máximo: 2 pulgadas; Ancho máximo: 12 pulgadas.
- Temperatura para la operación del equipo: -30°C a 50°C.
- Temperatura y Contenido de Humedad de las piezas de madera a clasificar: No especificada.
- Requisitos de superficie de la madera a clasificar: No especificada.

Principio de operación: Rayos X y Vibración (Multisensor).

Lineal High Grader (LHG) con E-Valuator Module proporciona una medición del Módulo de Elasticidad (MOE) sin contacto directo con las piezas de madera, lo que significa que no se requiere deflektarlas para su evaluación, lo que resulta en una menor cantidad de tablas dañadas y por lo tanto cuenta con una mayor velocidad de alimentación, tiempo efectivo de uso y aprovechamiento de la materia prima.

Las piezas de madera son alimentadas hacia la máquina en forma *flatwise* y longitudinalmente. LHG escanea cada pieza en una única pasada a través de la máquina, empleando varias tecnologías de sensores. Estas tecnologías incluyen Rayos X para evaluación de la densidad, láser para medición del perfil geométrico de cada pieza, 4 cámaras laterales (*multi-channel visión*) para detectar características visuales y sonido (*vibration systems*) para determinar el *stiffness*. Este compara y verifica los datos desde estas tecnologías para lograr una alta precisión en su decisión. Esta forma de operación es denominada *DataFusion*. E-Valuator está completamente integrado en el Sistema LHG, requiriendo solo adicionar *laser profile* y *x-ray subsystems*.

Cuenta con una alta precisión del MOE, permitiendo un significativo incremento del rendimiento del MSR. Además, predice la dureza de la madera mediante la medición de la frecuencia a la cual la pieza de madera vibra cuando esta atraviesa por el escáner, combinado con medición de densidad proporcionada por el escáner de Rayos X. Ambos datos, más la velocidad de alimentación, son ingresados a una ecuación que calcula el MOE, además de detectar el Módulo de Elasticidad (MOE), permite detectar la humedad, inclinación del grano, tamaño y localización de nudos, entregando un completo y preciso set de datos que se requieren para el control del grado de dureza de los productos.

Ficha 15: VTT - Technical Research Centre of Finland Ltd.

Fabricante: VTT - Technical Research Centre of Finland Ltd.
P.PBox 1000, FI-02044 VTT. Finlandia.
www.VTTresearch.com.

Background: *VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.* es uno de los centros de investigación y organización tecnológica en Europa, con 75 años de experiencia. VTT es parte del Sistema de Innovación de Finlandia y opera bajo el mandato del Ministerio de Empleo y Economía.

Con sus investigaciones y conocimiento provee servicios expertos para sus clientes y socios nacionales e internacionales. Sirve al sector público y privado, apoyando su crecimiento con investigaciones de alto nivel y con resultados con base científica. Desarrolla nuevas tecnologías inteligentes, soluciones rentables y servicios de innovación. Coopera con sus clientes para producir tecnologías para desarrollar negocios y construir éxito y bienestar para el beneficio de la sociedad.

VTT emplea 4 millones de horas de fuerza cerebral al año para desarrollar nuevas soluciones tecnológicas y asegura una eficiente utilización de la ciencia y la tecnología con el apoyo de cooperación internacional y redes de trabajo. Da acuerdo a la bibliografía revisada este organismo ha desarrollado dos tecnologías para los procesos de *machine stress grading*, que son los que se indican abajo, sin embargo, en su página web, no hay ninguna referencia de ellas, es decir no aparecen ni mencionadas y menos descritas.

Modelo	Principio de trabajo	Acreditada por
Raute Timbergrader	Flexión - medición de carga	CEN
Sylvatest ⁸	Ondas Ultrasonic	

Consultas específicas: info@vtt.fi

- Costos de operación y mantención: No especificados.
- Precio venta en origen: No especificado.
- Representante (s) en Chile: No.

⁸ Ver descripción de TRIOMATIC, donde se indica que estas dos tecnologías se relacionan

Ficha 16: Weinig Luxscan Technologies Sarl.

Fabricante: Weinig-Luxscan Technologies Sarl.
Z.A.R.E Ouest, L-4384 Ehlerange. Luxemburgo.
www.weinig.com www.luxscan.com

Background: Luxscan inició la producción de escáneres en Luxemburgo en el año 1998 con su fundador Raphael Vogrig. En 2007, la empresa se incorporó en el grupo Weinig. El departamento de desarrollo de WEINIG provee soluciones para líneas de producción altamente automatizadas.

Weinig garantiza procesos de producción confiable para aplicaciones sobre especies de coníferas y latifoliadas, ofreciendo la configuración correcta para cada aplicación en específico.

Con la incorporación de EScan de Luxscan, el rango de productos que ofrece Weinig se ha extendido a la clasificación por resistencia de la madera para uso estructural con tres modelos que utilizan el principio del sonido, con tres velocidades de escaneo (60, 120 y 180 piezas por minuto).

Consultas específicas: info@luxscan.com

- Costos de operación y mantención: No especificados.
- Precio venta en origen: No especificado.
- Representante (s) en Chile: No.

4. CONCLUSIONES

En Europa, USA y Canadá, las tecnologías utilizadas para la clasificación automática de la madera estructural a través del proceso *Machine Stress Grading* deben ser acreditadas por los organismos pertinentes; European Committee for Standardization (CEN), American Lumber Standards Committee (ALSC) y Canadian Lumber Standards Accreditation Board (CLSAB), respectivamente. Solo de esta forma un productor de madera aserrada de uso estructural puede participar en dichos Mercados.

En Australia y Nueva Zelanda no existe un listado de las tecnologías acreditadas para el proceso *Machine Stress Grading* por Australian Standards/New Zealand Standards (AS/NZS), pero sí es requisito que el productor identifique el grado de calidad de la madera, es decir no hay requisito sobre las máquinas, pero sí que ellas cumplan con los requisitos sobre la madera, indicadas en las normas pertinentes.

La información oficial consultada, arrojó un total de 27 fabricantes y 55 tecnologías para realizar la clasificación automática de la madera estructural, a través del proceso *Machine Stress Grading*.

Del total de las tecnologías encontradas, 43 están acreditadas, pero solo 20 de ellas están disponibles actualmente en el mercado y 23 de ellas ya no lo están.

De las 43 tecnologías acreditadas, 32 están acreditadas por ALSC (USA), 21 por CLSAB (Canadá), 15 por CEN (Europa). Así entonces, de las 55 tecnologías encontradas 12 no están acreditadas por ninguna de las tres entidades autorizadas.

Las 55 tecnologías utilizan alguno de los tres métodos de estimación del Módulo de Elasticidad (MOE): Flexión, Sonido y Multisensores (Rayos X, Sonido, Láser, cámaras).

Hasta el 2003 sobre el 95% del total de *machine stress graders* vendidas en el mundo estaban basadas sobre el principio de flexión *flatwise*, dominado por Computermatic y Cook-Bolinder, sin embargo en la actualidad, dos convencionales tecnologías han desaparecido del mercado: Cook Bolinder de TECMACH Ltd/USA y Raute TimGrader de VTT Technical Research Centre/Finlandia, seguidas después por Ersson ESG-240 Strength Grader de John Ersson Engineering AB/Suecia, Dart M.S.R Testing Machine de Eldeco Pty Ltd/Australia y Stress-O-Matic de Industrial Woodworking Machines-CROW/USA.

Solo cuatro modelos que utilizan el principio de flexión mecánica y que están acreditados están disponibles en el mercado actual:

- Computermatic and Micromatic de *Measuring and Process Control Ltd*/Inglaterra,
- 7200 HCLT (*High Capacity Lumber Tester*) de Metriguard Inc /USA,
- CRP 360 MSR *Testing Machine de Conception RP and Automatisations* JRT/Canadá
- *Transverse MSR Grader* -TMG 16 630 de *Centre de Recherche Industrielle du Quebec*/Canadá.

Por otra parte, las tecnologías que utilizan el principio de resonancia han proliferado con mucho éxito, al menos 27 modelos fueron encontrados. Este es el caso de:

- Dynagrede y Precigrade de Dynalyse AB/Suecia.
- VISCAN y VISCAN PLUS de Microtec/Italia.
- 2350 Sonic Grader de Metriguard/USA.
- Triomatic de Concept Bois Structure SARL/Francia.
- E-Scan de Luxscan/Luxemburgo.
- A-Grader de Falcon Engineering/Nueva Zelanda.

- Timber Grader MTG (960 y 920) / MTG Batch / MTG ESCAN (60,120 y 180) de Brookhuis Micro Electronics/Holanda.

Las tecnologías que utilizan multisensores (rayos x, láser, cámaras color, sonido), por su parte, han ido ganando un espacio importante dado la mejor estimación de Módulo de Elasticidad por la combinación de factores que lo afectan (nudos, densidad, pudriciones). Este es el caso de:

- GoldenEye (702, 706) de Microtec/Italia.
- WoodEye de Microtec/Italia (no acreditada).
- GradeScan de Lucidyne Technologies INC/USA
- LHG: XLG with E-Valuator de USNR/USA.

Finalmente, 24 tecnologías acreditadas por las instituciones pertinentes, manufacturadas por 15 fabricantes, fueron descritas detalladamente; 12 de estos fabricantes y 20 de sus modelos se encuentran disponibles en el mercado de proveedores de tecnología para la industria de la madera.

5. REFERENCIAS

ALSC, 2014. American Lumber Standard Committee, Incorporated®. Machine Graded Lumber Policy. Recuperado en http://www.alsc.org/untreated_machinegraded_mod.htm

ALSC, 2017. Grading Machine Approved by the Board of Review. American Lumber Standard Committee USA. Recuperado en : www.ALSC.org.

Auvergne-Promobois., 2012. État Deslieux des machines homologues pour le classement mécanique des bois structure. Disponible en: <http://www.fibois-alsace.com/UserFiles/File/telechargement/publications/2012%20machines%20classement.pdf>

Bacher, M., 2008, October. Comparison of different machine strength grading principles. In *COST E53 Conference 29th–30th October, Delft, The Netherlands* (pp. 183-193).

Bengtsson, C, 2007. Strength and Stiffness Grading of Structural Timber. SP Technical Research Institute of Sweden. 30p.

Bengtsson, C., 2010. Advances and the Future of Grading Structural Timber. SP Technical Research Institute of Sweden. The Future of Quality Control for Wood & Wood Products', 4-7th May 2010, Edinburgh The Final Conference of COST Action E53.

Canadian Lumber Standards Accreditation Board – CLSAB, 2018. CLSAB and lumber grading quality. Recuperado de www.clsab.ca

CEN, 2009. British Standard. BS EN 14081-4:2009: Timber Structures— Strength Graded Structural Timber with Rectangular Cross Section Part 4: Machine Grading — Grading Machine Settings for Machine Controlled Systems. European Committee for Standardization. Bruselas. Bélgica.

CLSAB, 2016. CLSAB Approved MSR Machines. Canadian Lumber Standards Accreditation Board. Ontario. Canadá. Recuperado de http://www.clsab.ca/uploads/file/Approved_MSR_Machines_2019_03_04.pdf

David, E.; Kretschmann, D.; Green, D., 1999. Lumber Stress Grades and Design Properties. Forest Products Laboratory. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 463 p.

Denzler, J., 2008. Machine Strength Grading. An Overview over Existing Machines. Technische Universität München. Conference COST E53, 29-30 October 2008, Delft, The Netherlands.

Fernández-Golfín, J. I.; Díez Barra, M. R. Y Hermoso Prieto, E., 2001. Análisis y estado del arte de la técnica de clasificación mecánica por máquina de la madera aserrada estructural. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 10(1), 5-20.

Galligan, W; Mc Donald, L. y Kent, A., 2000. Machine Grading of Lumber. Practical Concerns for lumber producers. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–7 (Revised). Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 39p.

Gaunt, D. (2004). Upcoming changes to structural timber. *New Zealand Timber Design Journal*, 1(13), 19-25.

Gaunt, D.; Van Wyk, L., 2003. Literature Review of Machine Stress Grading Accuracy Check Methods. Forest and Wood Products Research and Development Corporation. Australian Government. Australia.

Giudiceandrea, F., 2006. Combined Strength and Appearance Lumber Grading by Multisensor Technology. Scantech. Rotorua. New Zealand.

González, M., 2013. Bases de un Sistema de Certificación de Madera para Uso Estructural en Chile. Tesis para optar al grado de Magíster en Construcción en Madera. Universidad del Bio Bio. Facultad de Arquitectura Construcción y Diseño. Chile.

Landersson, S.; Larsen, H., 2003. Timber Engineering. Jhon Wiler&Son Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chichester. England.

Lee, Chris and Rozek, A., 2008. The Canadian Lumber Grading System. Presented at the MLB Annual meeting June 2008. Canadá. Recuperado en http://www.mlb.ca/documents/2008_cls_nlga_friday.pdf

Logging and Sawmilling Journal, 2009. Tech up Date-Log, Lumber and Grade Optimization Systems. North Vancouver, B.C. Canadá.

MICROTEC-SCANS, 2018. Catálogo de productos para troncos y madera aserrada. Bressannone, Italia. Recuperado en: <https://microtec.eu/es/catalogue/products>

National Lumber Grades Authority, 2017. SPS 2-Special Products Standard for Machine Graded Lumber. Vancouver, BC, Canadá.

NIST, 2015. American Softwood Lumber Standard PS 20-2015. U.S. Department of Commerce. National Institute for Standards and Technology. Recuperado en <http://www.alsc.org/greenbook%20collection/ps20.pdf>

NZWOOD, 2017. Sawn Timber-Grading Systems for Structural Timber. Information Sheet Structural Materials. Recuperado en: <http://www.nzwood.co.nz/wp-content/uploads/2013/08/SawnT-Grading.pdf>

Oscarsson, J. 2014. *Strength grading of structural timber and EWP laminations of Norway spruce-development potentials and industrial applications* (Doctoral dissertation, Linnaeus University Press).

Quebec Forestry Industry Council. 2017. Wood Properties Quebec S-P-F Lumber. Recuperado en: http://www.quebecwoodexport.com/assets/uploads/StrongChoice_MR.pdf

Ridley, D., 2017. Grading Machines and their Speeds. Centre for Wood Science & Technology-Part of Sustainable Construction. Edinburgh Napier University. Escocia.

Ross, R., 2015. Nondestructive Evaluation of Wood. 2° Edition. General Technical Report FPL-GTR-238. Madison, WI: USA. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory. 169p.

SAI Global Limited, 2012. AS/NZS 1748.1: 2011 Timber Solid Stress Graded for Structural Purposes. Part 1: General Requirements.

Southern Forest Products Association. 2013. Southern Pine Use Guide. Southern Pine Reference Design Values for Machine Stress Rated (MSR) lumber, based on SPIB Grading Rules and AWC National Design Specification Values in psi. Metairie, Louisiana, USA. Recuperado en: http://www.southernpine.com/app/uploads/Design-Value-Package_092712L.pdf

Southern Pine Inspection Bureau, 2018. Export Grading Rules for Southern Pine Lumber. Recuperado en: <https://www.spib.org/docs/export-grading-rules-for-southern-pine-lumber.pdf>

Standards Australia, 2018. Standards Australia, Sydney. Recuperado de: www.standards.org.au

Standards New Zealand, 2018. Standards New Zealand, Wellington. Recuperado de: www.standards.co.nz

West Coast Lumber Inspection Bureau, 2004. West Coast Lumber-Standard Grading Rules N°17. WCLIB, Portland, Oregon, USA. Recuperado en: <https://www.wclib.org/publications/rules-17/>

Western Wood Products Association, 2008. Western Lumber Product Use Manual. Portland, Oregon. USA. Recuperado de <https://www.wwpa.org>

WoodSolutions, 2007. Technical Design Guides. Forest & Wood Products Australia Ltd. Australian Industry. Australia. Recuperado en: <https://www.woodsolutions.com.au/publications>

APÉNDICE

Orden	Estado	Orden Lista Acreditación Según Agencia	Fabricante	Modelo	Principio de medición	Acreditado en/por				
						Europa	USA	Canadá	Australia (1)	Nueva Zeland a (1)
1	Descrita/No disponible	1EN14081/4ALSC/5CLSA B	Techman Ltd. England	CookBolinders Model SG-TF NA/Techman	Flatwise bending, measurement of load	CEN	ALSC	CLSAB		X
2	No descrita/No disponible	13 EN14081/10ALSC	Dimter/ Alemania	Grademaster	Vibration and scanning	CEN	ALSC			
3	No descrita/No disponible	11ALSC	Microtec/ Italia	GoldenEye Lumber Grader Machine (2)	X-ray		ALSC			
4	Descrita	5 EN14081	Microtec/ Italia	GoldenEye 702	X-ray	CEN			AS/NZS	AS/NZS
5	Descrita/No disponible	4 EN14081	Microtec/ Italia	EuroGreComat 702	X-ray	CEN				
6	Descrita/No disponible	6 EN14081	Microtec/ Italia	EuroGreComat 704	X-ray and bending	CEN				
7	Descrita	10 EN14081/19ALSC	Microtec/ Italia	GoldenEye 706	X-ray and vibrations	CEN	ALSC		AS/NZS	AS/NZS
8	No descrita/No disponible	9 EN14081	Microtec/ Italia	EuroGreComat 706	X-ray and vibrations	CEN				
9	No descrita/No disponible	Bengtsson 2010 (11)	Microtec/ Italia	GoldenEye 801	X-ray and laser scanner	-3				
10	No descrita/No disponible	Bengtsson 2010 (11)	Microtec/ Italia	GoldenEye 802	X-ray and laser scanner	-3				
11	Descrita	EN14081/ 23ALSC	Microtec/ Italia	VISCAN	Vibration	CEN	ALSC		AS/NZS	AS/NZS
12	Descrita	24ALSC	Microtec/ Italia	VISCAN PLUS	X-ray and vibrations	-4	ALSC		AS/NZS	AS/NZS
13	Ninguna Información	Bengtsson 2010 (11)	No encontrado	VM Grader 1.0	Visual grading & gravimetric density	-3				
14	Descrita	7CEN/ 8ALSC/ 8CLSAB	Dynalyse AB/ Suecia	Dynagrade	Vibrations in longitudinal direction	CEN	ALSC	CLSAB	X	
15	Descrita	12CEN/ 20ALSC/ 14CLSAB	Dynalyse AB/ Suecia	Precigrader	Vibration+ density	CEN	ALSC	CLSAB		
16	Descrita/No disponible	3 EN14081	VTT Technical Research Centre of Finland/ Finland	Raute Timrgader	Flatwise bending, measurement of load	CEN				
17	No descrita/No disponible	Bengtsson 2010 (11)	VTT Technical Research Centre of Finland/ Finland	Sylvatest	Ultrasonic waves	-3				
18	No descrita/No disponible	5ALSC/ 3CLSAB	USNR Newnes Machine Ltda/USA	XLG (X-Ray Lumber Gauge)	X-ray		ALSC	CLSAB		

Orden	Estado	Orden Lista Acreditación Según Agencia	Fabricante	Modelo	Principio de medición	Acreditado en/por				
						Europa	USA	Canadá	Australia (1)	Nueva Zelanda (1)
19	Descrita	21ALSC/ 4CLSAB	USRN_COE Newnes/ Mcgehee/USA	LHG:XLG with E-Valuator	X-ray and vibrations		ALSC	CLSAB		
20	No descrita/No disponible	7ALSC	John Ersson Engineering AB/Suecia	Ersson ESG- 240 Strength Grader	Flatwise bending, measuremen t of load	-3	ALSC			
21	No descrita/No disponible	1ALSC	Metriguard Inc/ USA	Model 3300 Transverse Vibration E- Computer	Vibration		ALSC			
22	No descrita/No disponible	1ALSC	Metriguard Inc/ USA	Model 340 Transverse Vibration E- Computer	Vibration		ALSC			
23	Descrita	3ALSC/ 2CLSAB	Metriguard Inc/ USA	7200 HCLT (High Capacity Lumber Tester)	Flatwise bending, measuremen t of load		ALSC	CLSAB	X	X
24	No descrita/No disponible	3ALSC/ 2CLSAB	Metriguard Inc/ USA	CLT Continuous Lumber Tester	Flatwise bending, measuremen t of load		ALSC	CLSAB	X	X
25	Descrita	27ALSC/ 17CLSAB	Metriguard Inc/ USA	Model 2350 Sonic Grader	Sonido + Densidad		ALSC	CLSAB		
26	Descrita	15 EN14081	Concept Bois Structure /SARL Francia	Triomatic	Ultrasonic waves	CEN				
27	Descrita	14 EN14081	Weinig_Luxsca n Technologiss Luxemburgo	E-Scan FWM/ FW	Vibrations + density	CEN				
28	Descrita	Bengtsson 2010 (11)	Conception RP Automatization JRT/ Canadá	JRT CRP 360L MSR Machine	Bending, measuremen t of deflection	(3) (5)				
29	Descrita	14ALSC / 11CLSAB	Conception RP Automatization JRT/ Canadá	CRP 360 MSR Testing machine	Bending, measuremen t of deflection	-3	ALSC	CLSAB		
30	No descrita/No disponible	18 Ridley 2017	SARL Esteves/ Francia	Noesys	Vibration	(3) y (4)				
31	No descrita/No disponible	17 Ridley 2017	Xilomeca/ Francia	Xyloclass T	Vibration	(3) y (4)				
32	No descrita/No disponible	20 Ridley 2017	Xilomeca/ Francia	Xyloclass F	Vibration	(3) y (4)				
33	No descrita/No disponible	2 ALSC	Industrial Woodworking Machines- CROW/USA	Stress-O-Matic	Bending		ALSC			
34	No descrita/No disponible	12ALSC/ 12CLSAB	Centre de Recherche Industrielle du Quebec/ Canadá	Transverse MSR Grader- TMG	Flatwise bending		ALSC	CLSAB		

Orden	Estado	Orden Lista Acreditación Según Agencia	Fabricante	Modelo	Principio de medición	Acreditado en/por				
						Europa	USA	Canadá	Australia (1)	Nueva Zelanda (1)
35	No descrita/No disponible	13ALSC	Centre de Recherche Industrielle du Quebec/ Canadá	Transverse MSR Grader-TMG-12	Flatwise bending			CLSAB		
36	Descrita	16ALSC/ 13CLSAB	Centre de Recherche Industrielle du Quebec/ Canadá	Transverse MSR Grader-TMG-16 630	Flatwise bending		ALSC	CLSAB		
37	Ninguna Información	17ALSC	Weyerhaeuser/ USA	RE-I (Llamado Stand Alone Thumper Strength Grader)			ALSC			
38	Ninguna Información	15ALSC	Weyerhaeuser/ USA	RE-II(Llamado XLG/LHG+ Thumper Strength Grader)			ALSC			
39	Ninguna Información	22ALSC/ 15CLSAB	Weyerhaeuser/ USA	RE-III MSR (Llamado Thumper III)			ALSC	CLSAB		
40	Descrita	18ALSC/ 16CLSAB	Falcon Engineering Ltd/ Nueva Zelanda	A-Grader	Vibration		ALSC	CLSAB		X
41	Ninguna Información		Falcon Engineering Ltd/ Nueva Zelanda	E-Grader	Edgewise bending					
42	Descrita	25ALSC	Lucydine Technologies INC/ USA	GradeScan	Imagen		ALSC			
43	Descrita/ No disponible	26ALSC/ 18CLSAB	Calibre Equipment Limited/ NZ	Ecoustic Board Grader	Sonido + Densidad		ALSC	CLSAB		X
44	Descrita	11CEN/ 28ALSC/ 19CLSAB	Brookhuis Micro Electronics/ Holanda	Timber Grader MTG (960 y 920)	Vibration	CEN	ALSC	CLSAB		
45	Descrita	29ALSC/ 20CLSAB	Brookhuis Micro Electronics/ Holanda	MTG Batch	Vibration	-4	ALSC	CLSAB		
46	Descrita	30ALSC/ 21CLSAB	Brookhuis Micro Electronics/ Holanda	MTG ESCAN (60, 120 y 180)	Vibration		ALSC	CLSAB		
47	Ninguna Información	29ALSC/ 20CLSAB	Wescalco	Model 21250LC1				CLSAB		
48	Ninguna Información	30ALSC/ 21CLSAB	Wescalco	Model #2 (ETB-2)				CLSAB		
49	No descrita/No disponible	9CLSAB	Rosén&Co/ Suecia	Rosegrade	Vibration + Density	(3) y (4)				
50	No descrita/No disponible	10CLSAB	Rosén&Co/ Suecia	Rosegrade Plus	Vibration + Density	(3) y (4)				

Orden	Estado	Orden Lista Acreditación Según Agencia	Fabricante	Modelo	Principio de medición	Acreditado en/por				
						Europa	USA	Canadá	Australia (1)	Nueva Zelanda (1)
51	No descrita/ No Acreditada		Innodura/ Francia	E-CONTROL- AC	Vibration + Density	-4				
52	No descrita/ No Acreditada		Microtec/ Italia	WoodEye	Vibration + Density + Láser Tracheid	-4				
53	No descrita/ No Acreditada		RemaSawco AB/ Suecia	RS Strength Grader	Laser Tracheid	-4				

(1) En Australia y Nueva Zelanda no existe un registro de sistemas de clasificación por máquina aprobados por AS/NZS.

(2) En la página web de Microtec no aparece ningún modelo así nombrado.

(3) Solo citado por Bengtsson (2010).

(4) Solo citado por Ridleu (2017).

(5) En su página web dice que está aprobado por CEN.

SEDE DIAGUITAS

Juan Georgini Runi 1507, La Serena
(56-9) 6589 32 11

SEDE METROPOLITANA

Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago
Fono: (56-2) 2366 71 20

SEDE BIO BIO

Camino a Coronel km. 7,5, San Pedro de la Paz, Concepción
Fono / Fax: (56-41) 285 32 60

SEDE LOS RÍOS

Fundo Teja Norte s/n, Valdivia
Fono: (56-63) 233 52 00

OFICINA CHILOÉ

Oficina Chiloé
Guarategua Lepe s/n, Nercón.
(56-65) 263 36 41

SEDE PATAGONIA

Camino Coyhaique Alto Km. 4,5, Coyhaique
Fono: (56-9) 883 18 60



INFOR

www.infor